Jb. Nass. Ver. Naturk.	111	S. 95—195	26 Abb.	1 Tab.	Wiesbaden 1989

140 Jahre Chemisches Laboratorium Fresenius Wiesbaden

(2. Teil: 1945–1988*)

WALTER CZYSZ

Mit 26 Abbildungen und 1 Tabelle

Kurzfassung

Die Geschichte des CHEMISCHEN LABORATORIUMS FRESENIUS wird mit der Schilderung der Jahre 1945–1988 fortgesetzt. Der 2. Weltkrieg brachte eine nachhaltige Zäsur. Trotz schwerer Bombenschäden beim Luftangriff im Februar 1945 wurde der Laboratoriumsbetrieb schon bald danach wieder aufgenommen. Spürbar aufwärts ging es aber erst in den Jahren nach der Währungsreform. Alte Kunden wurden zurückgewonnen, neue Arbeitsgebiete wurden erschlossen. Die Methoden der Trink-, Mineral- und Heilwasseranalyse, der Mikrobiologie und Lebensmitteluntersuchung sowie im chemisch-technischen Bereich wurden ausgebaut und auf den neuesten Stand gebracht. Bedeutende Abschnitte waren 1962 die Verselbständigung des Unterrichtslaboratoriums zur CHEMIE-SCHULE FRESENIUS, 1972 die Umwandlung des Untersuchungslaboratoriums in die INSTITUT FRESENIUS – CHEMISCHE UND BIOLOGISCHE LABORATORIEN GmbH und 1975 der Umzug nach Taunusstein-Neuhof.

Es wird versucht, einen repräsentativen Querschnitt der Arbeiten des Laboratoriums zu geben. In den Kapiteln 1–3, die die Jahre 1945 bis etwa 1960 behandeln, stehen persönliche Aktivitäten der Mitarbeiter bei der Wiedergewinnung des früheren Leistungsstandards im Vordergrund. In den Kapiteln 4 und 5 werden Phasen des Ausbaus zu einem Laboratorium beschrieben, das den Anforderungen der heutigen Zeit voll gerecht wird. Danach wird über einige Forschungsprojekte, überwiegend aus dem Bereich der Umweltanalytik, berichtet. Sie haben den internationalen Ruf des INSTITUTS FRESENIUS als einem der führenden Laboratorien für chemische, hygienische und ökologische Untersuchungen begründet und gefestigt.

*) Teil 1: JAHRBUCH **110** (1988), S. 35–110

Summary

The history of the CHEMICAL LABORATORY FRESENIUS is continued for the years 1945 to 1988. The Second World War resulted in a considerable break. Inspite of heavy bombing damages in February 1945, the laboratory soon started its work again. But it was not before the currency reform that the development really began to move up. Former customers returned, and new working ranges arose. The methods for analysis of drinking, mineral and medicinal waters, of microbiology and food analysis, and also those of industrial samples were extended and updated. Particularly significant stages were in 1962 the independence of the educational laboratory (now: CHEMIESCHULE FRESENIUS), in 1972 the change of the analytical laboratory into the INSTITUT FRESENIUS, and in 1975 the move to Taunusstein-Neuhof.

A representative selection of the laboratory's work is given. In chapters 1–3 (1945–1960) personal activities of the staff in regaining the former standard of efficiency is emphasized. Chapters 4 and 5 describe stages of development to a laboratory fully meeting today's demands. The following chapters mainly report on research projects, especially in the field of environmental analysis. They have established and consolidated the international reputation of INSTITUT FRESENIUS as one of the leading laboratories of chemical, hygienic and ecological investigations.

Inhalt

1. Zerstörung und Neubeginn

1.1 Der Bombenangriff im Februar 1945

Das Ende des Zweiten Weltkrieges bedeutete für das CHEMISCHE LABORATORIUM FRESENIUS einen scharfen Einschnitt. Zum Verlust aller Kontakte mit ausländischen Auftraggebern und wissenschaftlichen Institutionen, wie man es schon nach dem Ersten Weltkrieg erlebt hatte, kam 1945 das Erlöschen des gesamten deutschen Wirtschafts- und Verkehrswesens, aber auch, für eine Zeitlang, fast aller wissenschaftlicher Aktivitäten. Durch die totale Niederlage war eine Situation entstanden, die man als ,,Stunde Null" bezeichnen kann.

Zum Unglück des verlorenen Krieges kam erschwerend hinzu, daß bei dem Luftangriff auf Wiesbaden in der Nacht vom 2. zum 3. Februar 1945 die beiden Laboratoriumsgebäude in der Kapellenstraße 13–15 mit dem erst 1940 fertiggestellten neuen Hörsaal durch Brandbomben zerstört wurden. Noch in der Nacht und am folgenden Tag versuchten Helfer und alle verfügbaren Mitglieder der Familie FRESENIUS, den Brand zu löschen und zu retten, was zu retten war. Über eine Schlauchleitung und mit Hilfe von Tankwagen wurde versucht, Wasser heranzuschaffen. Zum Glück gab es den Brunnen und die Pumpe im Hof. Sie war ständig in Betrieb und versorgte die Eimerketten bildenden Helfer wenigstens mit so viel Wasser, daß kleinere Brandnester und ausglühendes Gebälk abgelöscht und ein weiteres Ausbreiten des Brandes verhindert werden konnte.



Abb. 1: Das Laboratorium in der Kapellenstraße nach dem Bombenangriff 1945

Die Gebäude Kapellenstraße 13–15 brannten dennoch aus, Teile des Mauerwerkes stürzten ein (Abb. 1). Wertvolle Bestände der Bibliothek fielen den Flammen zum Opfer. Glück im Unglück hatte das Examenssemester der Chemotechnikerausbildung. Der praktische Teil der Abschlußprüfung war gerade zu Ende, als die Zerstörungen des Bombenangriffs das Arbeiten an den Laborplätzen unmöglich machten. Die mündliche Prüfung konnte danach, wenn auch unter schwierigen Bedingungen, im Luftschutzkeller stattfinden. Das Examen aber war gerettet.

1.2 Aufräumungsarbeiten

Niemand wußte, wie es weitergehen würde. Für die Mitarbeiter gab es zunächst nur eine Aufgabe: die Trümmer mußten beseitigt werden. Jeder packte mit an. Allen war bewußt, daß der Krieg nicht mehr lange dauern konnte. Was danach kommen würde, darüber wagte niemand nachzudenken. Es gab auch nicht mehr viel Gelegenheit dazu. Weniger als acht Wochen nach dem schweren Luftangriff, in den Mittagsstunden des 28. März 1945, rückten amerikanische Truppen in Wiesbaden ein. Der Krieg war zu Ende, eine neue Zeitrechnung begann.

Die Aufräumungsarbeiten in der Kapellenstraße wurden fortgesetzt. Während man jedoch unter deutscher Verwaltung vor allem daran gedacht hatte, die Gebäude wieder funktionstüchtig zu machen, ordneten die Amerikaner als erstes an, die Straße frei zu räumen, damit sie mit ihren Jeeps und schweren Lastwagen ohne Behinderung hindurchfahren konnten. Praktisch bedeutete das, der Trümmerschutt, den man vorher mit großer Mühe aus den Häusern auf die Straße geschaufelt hatte, mußte jetzt wieder hineingeschippt werden. Danach dauerte es noch einige Jahre, bis man damit beginnen konnte, den Schutt endgültig abzufahren.

Glücklicherweise hatten das Haus Kapellenstraße 11 und ein Teil der rückwärtigen Gebäude, Erzstation, Weinstation und der mittlere Labortrakt (Ostbau) im Hof, geringere Schäden davongetragen. Dadurch blieb das Materiallager mit Chemikalien und Glasgeräten zum großen Teil erhalten, einfachere Apparaturen konnten wieder hergerichtet werden.

Kaum war nach dem Einmarsch der Amerikaner Ruhe und Ordnung einigermaßen wiederhergestellt, wurde auch in der Kapellenstraße die Arbeit wieder aufgenommen. Wie das in den ersten Tagen und Wochen im einzelnen bewerkstelligt wurde, darüber zu berichten, ist nicht ganz einfach. Exakte Planung war so gut wie unmöglich. Das meiste mußte improvisiert werden. Aufzeichnungen aus dieser Zeit sind kaum erhalten. In einem Artikel zum 100jährigen Bestehen des Laboratoriums schreibt der damalige Senior des Hauses, Professor REMIGIUS FRESENIUS, zwar lapidar: „Das Untersuchungslaboratorium hat seine Arbeit unmittelbar nach dem Brand (vom 2./3. Februar 1945) fortsetzen können und hat sie nicht zu unterbrechen brauchen" (FRESENIUS, R. 1948). Ganz so einfach, wie sich das liest, wird es in Wirklichkeit aber nicht gewesen sein.

1.3 Die Mannschaft der ersten Stunde

Immerhin gab es im personellen Bereich eine weitgehende Kontinuität. Im Mittelpunkt stand der Senior Professor Dr. REMIGIUS FRESENIUS (CZYSZ, W. 1988, S. 102–104 und Abb. 18). 1878 geboren, hatte er in der schweren Zeit nach dem Ersten Weltkrieg 1920 die Leitung des Laboratoriums übernommen. Zuerst gemeinsam mit seinem Vetter, Professor Dr. LUDWIG FRESENIUS; seit dessen Tod im Jahre 1936 allein. Während des Krieges und in den ersten Jahren danach ruhte die meiste Verantwortung auf seinen Schultern.

Von den Mitarbeitern, die ihm in diesen Jahren zur Seite standen, müssen Dr. habil. ALFRED GEHRING, Dr. WILHELM DICK und Diplomchemiker OTTO FUCHS an erster Stelle genannt werden. Dr. A. GEHRING war seit 1936 stellvertretender Direktor des CHEMISCHEN LABORATORIUMS und Leiter des UNTERRICHTSLABORATORIUMS. 1941 übernahm er als Nachfolger des Apothekers WALDEMAR DEHIO auch die mikrobiologische Abteilung. Dr. W.

DICK (zusammen mit O. FUCHS im April 1928 eingetreten) hatte sich schon in den dreißiger Jahren durch seine Mitarbeit am HANDBUCH DER LEBENSMITTELCHEMIE sowie durch hervorragende Arbeiten zur Spektralanalyse von Mineralwässern einen Namen gemacht. Als 1945 die Leiterin des Lebensmittellabors, Frau Dr. MARIA SCHAUMANN, in der Kapellenstraße ausgebombt wurde und ihre Stellung aufgab, hat Dr. DICK diese Aufgabe übernommen. Diplomchemiker FUCHS war vierzig Jahre lang Physikdozent. Sein Unterricht ist vielen seiner Schülerinnen und Schüler wegen seiner unnachahmlichen, humorvollen Art im Gedächtnis haften geblieben.

Diese drei Mitarbeiter waren wesentlich daran beteiligt, daß nach dem Ende des Krieges in der Wiesbadener Kapellenstraße nicht ganz am Punkt Null angefangen werden mußte. Eine vierte Mitarbeiterin ist in diesem Zusammenhang noch zu nennen, die sich ganz in der Stille aus der Position einer jungen Chemotechnikerin, seit Oktober 1939 Unterrichtsassistentin, in den Nachkriegsjahren zu einer unentbehrlichen Stütze des Unternehmens entwickelt hat: BIRGIT FRESENIUS, Tochter des 1936 verstorbenen Professors LUDWIG FRESENIUS. Als Familienmitglied und ausgebildete Fachkraft packte sie überall kräftig mit an. Oft mußte sie als „Mädchen für alles" in die Bresche springen, wo andere Hilfe nicht zur Verfügung stand.

1.4 Die ersten Aufträge

BIRGIT FRESENIUS (in Abb. 2) war es auch, die, unterstützt von ihrem Bruder, Dr. WILHELM FRESENIUS (in Abb. 2), schon bald nach dem Einmarsch der Amerikaner damit begann, alte Kundenkontakte zu pflegen und neue zu knüpfen. In einem Land, in dem totales Verkehrschaos herrschte, und in dem selbst große Firmen sich zunächst einmal daran gewöhnen mußten, „kleinere Brötchen zu backen" und auch die kleinsten Chancen zu nutzen, um wirtschaftlich zu überleben, setzte sie sich aufs Fahrrad und besuchte Firmen und Bürgermeistereien, für die das Chemische Laboratorium in der Vergangenheit Untersuchungen ausgeführt hatte. Es galt zu zeigen, daß „FRESENIUS" noch da war und für die üblichen Analysen weiter zur Verfügung stand.

Auf dem Gepäckträger ihres Fahrrads schaffte sie in provisorischen Behältern die ersten Wasser- und Lebensmittelproben herbei. Oft waren es ganze Tagesreisen, die zu bewältigen waren, wobei sie mit dem Zug (das Fahrrad im Gepäckwagen) zurückfuhr. Heute kann man sich kaum noch vorstellen, mit welchen Schwierigkeiten das zuweilen verbunden war. Etwa der Kampf um einen Passagierschein, um zwischen Lorch und Kaub, wo Wasserproben zu holen waren, die Grenze zwischen amerikanischer und französischer Besatzungszone passieren zu können. Es kam aber auch vor, daß sie mit einem amerikanischen Jeep abgeholt und zur Probenahme gebracht wurde. Außer BIRGIT FRESENIUS waren

Hausmeister und andere Hilfskräfte mit Karren und Leiterwägelchen unterwegs. Große Aufträge hatten Seltenheitswert. Aber, wie schon gesagt, man lernte schnell, auch mit „kleineren Brötchen" zufrieden zu sein.

Eine große Hilfe war es, daß die Amerikaner schon bald nach dem Ende des Krieges auf verschiedene Weise mit dem LABORATORIUM FRESENIUS in Berührung kamen. Das erste waren Aufträge für Wasseruntersuchungen, die bei der Besatzungsarmee hohe Priorität hatten. Positiv wirkte sich sicher auch die Tatsache aus, daß der Name FRESENIUS in den Vereinigten Staaten unter analytischen Chemikern während des Krieges nicht in Vergessenheit geraten war. Schon bald kamen Mitglieder der in Teil 1 (Kap. 3.1) bereits erwähnten akademischen Gesellschaft PHI-LAMBDA-YPSILON, die sich erinnerten und die ersten Kontakte knüpften. Sie besuchten die Wirkungsstätte des „Begründers der Analytischen Chemie" CARL REMIGIUS FRESENIUS, der für sie schon Legende war, in der Kapellenstraße.

Mitarbeiter, die es damals erlebt haben, erzählen noch heute, wie die amerikanischen Besucher vor allem von der romantischen Holzveranda im Hof mit den Sinnsprüchen des reimenden Professors entzückt waren. Sie haben das erste Eis gebrochen zwischen dem „Non-Fraternization"-Gebot der Besatzungsmacht und einer Kooperation, auf die die Amerikaner im besetzten Deutschland ja angewiesen waren, wenn Recht und Ordnung wieder Gültigkeit erlangen sollten.

1.5 Wasseruntersuchungen

Eigentlich hatte alles mit dem Wasser begonnen. Hygienisch einwandfreies Trinkwasser war schon wegen der Vorbeugung gegen die Ausbreitung von ansteckenden Krankheiten und das Ausbrechen von Seuchen eine absolute Notwendigkeit. In diesem Punkt trafen sich die Interessen der Besatzungsmacht mit denen der Deutschen, wenn auch der rigorose Befehl, dem Wasser aller öffentlichen Wasserversorgungsanlagen Chlor zuzusetzen, einige Probleme schuf.

Das LABORATORIUM FRESENIUS konnte langjährige Erfahrungen, kompetente Experten und ein weitgehend funktionstüchtiges Wasserlabor, auch für mikrobiologische Untersuchungen, anbieten. Versuche zur wirksamen Beseitigung der Nachteile der starken Chlorung des Leitungswassers mündeten in die Beratung von Lebensmittel- und Brunnenbetrieben, denen diese Chlorung erheblich zu schaffen machte. Die Amerikaner übertrugen dem Laboratorium die Trinkwasserüberwachung in Wiesbaden und in einigen Landkreisen, da die staatlichen Untersuchungsämter zerstört waren und für diese Aufgabe nicht zur Verfügung standen.

1.6 Lebensmittelüberwachung

Das zweite Arbeitsgebiet, auf dem FRESENIUS sehr schnell wieder der Anschluß an die Jahre vor 1945 gelang, waren Lebensmitteluntersuchungen. Auch hier war es in erster Linie die gesundheitliche Unbedenklichkeit, auf die es ankam. Das galt für die Versorgung der deutschen Bevölkerung, aber auch für Aufträge von Firmen, die sich am Export beteiligen wollten. Sie mußten für ihre Produkte eine besonders strenge Qualitätskontrolle nachweisen.

Hersteller von Schokolade und Pralinen gehörten zu den ersten Firmen, die im Lebensmittellabor von FRESENIUS sowohl die Güteklasse von importiertem Rohkakao kontrollieren als sich danach auch die geprüfte Qualität der Fertigwaren attestieren ließen. Für die in der Nähe des Bahnhofs ansässige, heute nicht mehr existierende Margarinefabrik Fauth wurden Qualität und Wassergehalt von Rapssamen bestimmt, eine Tätigkeit, bei der der jetzige Professor REMIGIUS E. FRESENIUS (REMIGIUS III.) als Anlernling erste analytisch-chemische Erfahrungen sammelte.

In den Bereich der Lebensmitteluntersuchungen gehörten auch die Analysen von Mineralwässern, Fruchtsäften und Limonaden. Hieraus (und aus der schon erwähnten technischen Beratung beim Chlorungsproblem) bahnte sich eine Entwicklung an, die den Ruf des Laboratoriums als wichtigem Partner für die sich in den Nachkriegsjahren neu formierenden Verbände der Getränke-Industrie, Brunnenbetriebe und Heilbäder so gefestigt hat, daß daraus eine enge und dauerhafte Zusammenarbeit geworden ist. In der Folgezeit hat sie sich nicht nur auf der wirtschaftlichen Seite bewährt. Sie hat vielmehr ganz wesentlich dazu beigetragen, daß sich die wissenschaftliche Arbeit des LABORATORIUMS FRESENIUS seit den frühen fünfziger Jahren in starkem Maße mit Fragestellungen der Reinheit und Spezifikation von Mineral- und Heilwässern sowie den damit zusammenhängenden technischen Problemen der Brunnenbetriebe befaßt hat.

Wenn man heute das moderne INSTITUT FRESENIUS in Taunusstein mit seinen hochtechnisierten Laboratorien betrachtet, kann man sich kaum noch vorstellen, unter welchen schwierigen, um nicht zu sagen primitiven Bedingungen die Arbeit nach dem Zweiten Weltkrieg wieder in Gang gebracht wurde. Daß man Wasser- und Lebensmittelproben per Fahrrad und mit einem Leiterwagen transportierte, bedeutete dabei nur eine äußerliche Behinderung. Viel schwerwiegender war der Mangel an Analysengeräten und reinen Chemikalien. Mit Geräten mußten die Analytiker sich oft genug selbst helfen. Erfindungsreichtum und handwerkliches Geschick waren dabei in gleichem Maße gefragt wie absolute wissenschaftliche Zuverlässigkeit. Nur wenn beides zusammenkam, konnte gute Arbeit geleistet werden.

2. Es geht wieder aufwärts

2.1 Dr. WILHELM FRESENIUS

Ab 1946 trat eine ganz allmähliche Normalisierung ein. Nicht, daß man von normalen Verhältnissen sprechen konnte; aber die absolute Unsicherheit, die 1945 noch hinter jede Planung ein großes Fragezeichen setzen ließ, machte einer vorsichtigen Zuversicht Platz. Im CHEMISCHEN LABORATORIUM war es unter anderem auch eine Folge davon, daß Dr. WILHELM FRESENIUS, Urenkel des Firmengründers, mehr und mehr in die Rolle des Nachfolgers seines Onkels REMIGIUS FRESENIUS als Chef des Hauses hineinwuchs. Dabei kam ihm außer der fachlichen Qualifikation sein damals schon deutlich hervortretendes, außergewöhnliches Verhandlungsgeschick zugute. Wo eine Sache nicht recht vorankommen wollte, sei es bei deutschen Behörden oder bei der amerikanischen Besatzungsmacht, war er der richtige Mann, um das Bestmögliche herauszuholen.

WILHELM FRESENIUS wurde 1913 in Berlin geboren. Der Einfluß der Mutter, BEATE VON ROSENCRANTZ, einer Schwedin, war ebenso prägend wie der des Vaters. Von diesem hat er nicht nur die hervorragende wissenschaftliche Begabung geerbt, er hat auch dessen Neigung zum politischen und sozialen Engagement übernommen. Er studierte in Frankfurt, München, Heidelberg und Göttingen Chemie und promovierte 1939 bei A. EUCKEN in Göttingen mit einer Dissertation über ,,Ultrarotspektrum und Normalschwingungen des Hydrazins''. Das anschließende Studium der Lebensmittelchemie an der Universität Frankfurt (Main) hat er 1943 mit dem Staatsexamen abgeschlossen. Danach arbeitete er dort bis zum Ende des Krieges als wissenschaftlicher Assistent von Professor W. DIEMAIR.

Noch während des Krieges hatte WILHELM FRESENIUS IRMELA VON BERNUS geheiratet, Tochter des langjährigen (1925–1953) Pfarrers der Wiesbadener Bergkirchen-Gemeinde FRANZ VON BERNUS. Da die Familie in der Nacht des 2./3. Februar 1945 in ihrem Haus in der Kapellenstraße 63 total ausgebombt wurde, bezog sie bis zum Wiederaufbau des Hauptgebäudes (1952) die Dachkammern des unbeschädigt gebliebenen Hauses Kapellenstraße 11, in dessen unteren Stockwerken die Verwaltung und das Büro von Professor REMIGIUS FRESENIUS untergebracht waren.

2.2 Allmähliche Konsolidierung

In der zweiten Jahreshälfte 1945 bis weit in das Jahr 1946 hinein hatten sich die Verhältnisse des CHEMISCHEN LABORATORIUMS so weit gefestigt, daß wieder eine längerfristige Zukunftsplanung ins Auge gefaßt werden konnte.

Im Oktober 1945 setzte die amerikanische Militärregierung in Wiesbaden eine deutsche Landesregierung für Groß-Hessen ein. Seit Mitte 1946 gab es in der neuen Landeshauptstadt, gleichzeitig Sitz eines Regierungspräsidenten, wieder ein demokratisch gewähltes Stadtparlament, das in der Aula der Gewerbeschule in der Wellritzstraße tagte.

Für das LABORATORIUM FRESENIUS war diese Konzentration von Regierung und Verwaltung insofern von Vorteil, als man die meisten Behörden unmittelbar „vor der Haustüre" hatte. Das erleichterte den direkten Kontakt, so weit es Aufträge und Genehmigungen betraf, die im Zeitalter des „Fragebogens" für jede Kleinigkeit erforderlich waren. Aber auch Genehmigungen grundsätzlicher Art wie die generelle Erlaubnis des zuständigen Ministeriums, amtlich anerkannte Wasseruntersuchungen im Rahmen des öffentlichen Gesundheitswesens durchzuführen, sind in diesen Nachkriegsjahren erteilt worden.

So kam es zum Beispiel zur Zusammenarbeit mit der hessischen Wasserschutzpolizei. In ihrem Auftrag hat Dr. WILHELM FRESENIUS zusammen mit der seit 1946 im LABORATORIUM FRESENIUS tätigen Mikrobiologin EDITH WIENRICH auf einem Polizeiboot Rheinwasseruntersuchungen durchgeführt. Mit einfachstem Gerät wurden Trübungs- und pH-Werte gemessen, Sauerstoffgehalt und elektrische Leitfähigkeit unmittelbar vor Ort, d. h. auf dem fahrenden Schiff bestimmt. Aus diesen Anfängen sind später, und das ist typisch für die Art der Arbeit im LABORATORIUM FRESENIUS, Aufträge für limnologische Untersuchungen, Planktonbestimmungen in Flüssen, Seen und Sedimenten geworden, die schließlich in umfangreiche Forschungsprojekte mündeten. Sie sind heute fester Bestandteil einer umweltorientierten Strategie, die der Gesetzgeber auf den Weg bringt, und die im INSTITUT FRESENIUS wissenschaftlich erforscht und in die Praxis umgesetzt wird.

2.3 Wiederaufnahme der Chemotechnikerausbildung

Einen wichtigen Einschnitt in die Nachkriegsentwicklung des LABORATORIUMS FRESENIUS bedeutete die (ebenfalls an eine Genehmigung seitens der Militärregierung gebundene) Wiederaufnahme der Chemotechnikerausbildung im Jahre 1946. Die Nachfrage nach Ausbildungsplätzen war durch die zahlreichen aus dem Krieg zurückgekehrten ehemaligen Soldaten, die so schnell wie möglich in das zivile Berufsleben eintreten wollten, groß. Hinzu kamen die vielen jungen Menschen, die aus den deutschen Ostgebieten als Flüchtlinge nach Westdeutschland kamen und integriert werden mußten. In der Kapellenstraße standen jedoch nicht genügend Laborarbeitsplätze zur Verfügung. Deshalb mußte unter den Bewerbern durch Aufnahmeprüfungen eine Auswahl getroffen werden.

Der Beginn des Unterrichtsbetriebes machte eine Lockerung der Zurückhaltung bei Personaleinstellungen erforderlich, die bis dahin eingehalten worden war. Neue Fachkräfte wurden bevorzugt unter dem Gesichtspunkt ausgesucht, daß sie Eignung und Neigung für den Unterricht mit praktischen Fähigkeiten für die analytische Laborarbeit vereinigen konnten. Es war dies eine alte Tradition, die man schon bei der Durchsicht der Liste früherer Laboratoriumsassistenten deutlich erkennen kann: der anfängliche Wechsel von Tätigkeit im Untersuchungs- und Unterrichtslaboratorium, der erst später zu einer Spezialisierung in die eine oder andere Richtung führte.

2.4 Die wissenschaftlichen Mitarbeiter

2.4.1 Professor Dr. REMIGIUS FRESENIUS

Unter den Männern und Frauen, die in diesem für die Zukunft des CHEMISCHEN LABORATORIUMS entscheidenden Jahr 1946 in vorderer Linie gestanden haben, muß noch einmal an erster Stelle Professor Dr. REMIGIUS FRESENIUS genannt werden. Wenn er 1945 auch schon das ,,Rentenalter" über-



Abb. 2: Examensgruppe vor Trümmern. Vordere Reihe Mitte: Prof. ALBIN KURTENACKER; im weißen Kittel: Dipl.-Chem. OTTO FUCHS; hinterste Reihe Mitte rechts: Dr. WILHELM FRESENIUS; rechts außen: Frau BIRGIT FRESENIUS; links außen: WILHELM SCHNEIDER, nachmaliger Direktor des Instituts Fresenius

schritten hatte, war er nach wie vor die wichtigste Persönlichkeit, die die Kontinuität gewährleistete und das Ganze zusammenhielt. Zwar hat er die äußeren Aktivitäten, es wurde schon darauf hingewiesen, in wachsendem Maße seinem Neffen Dr. WILHELM FRESENIUS überlassen. Dennoch wurde keine wichtige Entscheidung ohne seinen Rat und ohne seine Mitwirkung getroffen.

Mit dem Neuaufbau des Unterrichtslaboratoriums war er insofern noch verbunden, als er die während des Krieges zusammen mit Dr. A. GEHRING unter Mitarbeit von OTTO FUCHS und MARIANNE VULPIUS verfaßte ,,Einführung in die qualitative chemische Analyse'' für die 3. und 4. Auflage (FRESENIUS, R. & A. GEHRING 1949) neu bearbeitet und eine ,,Einführung in die quantitative chemische Analyse anorganischer Stoffe'', Band I ,,Gewichtsanalyse einschließlich Elektroanalyse'', ebenfalls in Zusammenarbeit mit Dr. GEHRING, O. FUCHS und M. VULPIUS, geschrieben und für den Druck vorbereitet hat (GEHRING, A. & R. FRESENIUS 1949).

Beide Bücher enthalten die Quintessenz einer langjährigen praktischen Erfahrung im Unterrichtslaboratorium. Sie bildeten im Krieg und nach der Wiederaufnahme des Unterrichts die Grundlage für die Anfängerpraktika der Chemotechnikerausbildung. Darüber hinaus wurden sie an vielen Universitäten und Fachschulen als Leitfaden für die Ausbildung der Studenten im chemisch-analytischen Praktikum benutzt.

Noch während des Krieges hatte er im ,,HANDBUCH DER LEBENSMITTELCHEMIE'' (Hrsg.: BAMES, E., B. BLEYER & J. GROSSFELD 1941) in Gemeinschaft mit W. DICK und W. M. HARTMANN den Abschnitt ,,Charakteristik, Untersuchung und Beurteilung der Mineralwässer'' verfaßt. Darin sind viele eigene Erfahrungen und die Erfahrungen des Wiesbadener Laboratoriums auf dem Mineralwassergebiet niedergelegt (CZYSZ, W. 1988, S. 102–104; dort findet sich auch eine Würdigung seiner Leistung als Herausgeber der ,,HANDBÜCHER FÜR ANALYTISCHE CHEMIE', der ,,ZEITSCHRIFT FÜR ANALYTISCHE CHEMIE'' und weiterer wissenschaftlicher und familiengeschichtlicher Publikationen). Als er am 25. April 1949 starb, hinterließ er ein Lebenswerk, das in jeder Hinsicht Respekt verdient (FRESENIUS, W. & A. KURTENACKER 1949).

2.4.2 Unterrichts- und chemisches Untersuchungslaboratorium

Erster Schulleiter nach dem Krieg war Dipl.-Chem. Dr. HANS SCHNEIDER. Seine Aufgabe war es, den Unterrichtsbetrieb neu zu organisieren. Sie wurde dadurch erschwert, daß die Bereitstellung von Arbeitsplätzen für die Studenten mit einem ständigen Kampf um Material und Chemikalien verbunden war. Selbst die Wasserversorgung war schwierig. Zeitweilig mußte man das für den Labor-

betrieb nötige Wasser vom Dambachtal über eine Schlauchleitung heranschaffen, da die Versorgung aus dem Behälter auf dem Neroberg, an den die Häuser in der Kapellenstraße angeschlossen waren, durch kriegsbedingte Schäden im Leitungsnetz häufiger ausfiel (KOPP, K. 1986, S. 216).

Den Einfallsreichtum des Unterrichtsleiters belegt eine Geschichte, die man für eine Anekdote halten könnte. Sie ist für die damaligen Hungerjahre bezeichnend und hat sich tatsächlich so, wie sie erzählt wird, abgespielt. Dr. SCHNEIDER war ein großer, etwas schlaksiger Mensch, der ständig Hunger hatte. Mit seinem Fachwissen als Chemiker versuchte er, seinem Nahrungsbedarf ohne Lebensmittelkarten nachzuhelfen. Er sammelte Roßkastanien, schälte sie, raspelte sie in einer Mandelmühle und zerrieb sie im Mörser zu feinem Mehl. Dem Mehl entzog er durch Extraktion mit Wasser die Bitterstoffe, die normalerweise Roßkastanien ungenießbar machen. Die feucht angeriebene Paste ergab einen Brotaufstrich, der aber offenbar nicht so gut geschmeckt hat, daß er sich allgemein durchgesetzt hätte.

Dr. SCHNEIDER machte auch noch andere Versuche mit Roßkastanien. Bekanntlich enthalten die Früchte bis zu 60% Stärke (dazu Eiweißstoffe, Saponine, fette Öle und Gerbstoffe). Er erhitzte das Mehl in verdünnter Salzsäure, um die Stärke hydrolytisch in die Zuckerbestandteile zu zerlegen. Die Versuche hatten aber keinen rechten Erfolg. Um ihrem Lehrer eine „Freude" zu machen, mischten einige Studenten heimlich etwas Süßstoff in das Reaktionsgemisch. Augenzeugen erinnern sich noch heute, wie Dr. SCHNEIDER über den leicht süßen Geschmack entzückt war. Nicht mehr bekannt ist, wie er reagiert hat, als er den tatsächlichen Sachverhalt erfuhr.

Im Unterricht tätig waren von Anfang an wieder Dr. WILHELM DICK und Dipl.-Chem. OTTO FUCHS. Dr. DICK war gleichzeitig im Wasser- und Lebensmittellabor beschäftigt. Er unterrichtete in den Fächern Organische Chemie und Lebensmittelchemie. OTTO FUCHS (in Abb. 2) ist vielen ehemaligen Schülern bis heute durch seine unvergleichliche Art unvergessen, mit der er Lehrsätze der Physik durch praktische Beispiele aus dem Alltag zu veranschaulichen wußte. Er wiederholte sie in jedem Semester an der gleichen Stelle des Unterrichts. Die Studenten waren von ihren Vorsemestern schon darauf vorbereitet, so daß sie auf seine Fragen („Wer kann mir ein Beispiel für eine schiefe Ebene nennen?") unverzüglich im Chor die gewünschte Antwort („Die Kapellenstraße") gaben. Worin ihm niemand gleichkam, war sein phänomenales Zahlengedächtnis. Logarithmen konnten bei ihm jederzeit auswendig abgerufen werden, was sich besonders bei der schnellen Berechnung von Mineral- und Heilwasser-Analysen bewährt hat.

Noch im Jahr 1946 erschien in der Kapellenstraße der durch seine wissenschaftlichen Arbeiten bekannte und nun aus seiner mährischen Heimat Brünn geflüchtete Professor Dr. ALBIN KURTENACKER (in Abb. 2). Er war eine ein-

drucksvolle Persönlichkeit. In den Jahren seiner Tätigkeit im Unterricht und als Mitherausgeber der „ZEITSCHRIFT FÜR ANALYTISCHE CHEMIE" hat er die Entwicklung des LABORATORIUMS FRESENIUS in besonderem Maße mitgeprägt. Seine Arbeitsgebiete waren anorganische und analytische Chemie mit dem Schwerpunkt der Chemie des Schwefels. Sein Wissen und seine Erfahrungen reichten jedoch weit über diese Themen hinaus. Sie sind in seinen didaktisch einprägsamen Vorlesungen und in den „Berichten aus den Gebieten der analytischen Chemie" in der von ihm seit 1949 mitherausgegebenen ZEITSCHRIFT FÜR ANALYTISCHE CHEMIE zum Ausdruck gekommen.

Schließlich umfaßte die Ausbildung der Chemotechniker/innen auch die Fächer Botanik und Mikrobiologie. Da Botanik nicht zu den Schwerpunktfächern der chemischen Ausbildung gehörte, wurde diese Vorlesung in der Anfangszeit von Frau Dr. M. DIETRICH, Studienrätin am Wiesbadener Boseplatz-Lyzeum, übernommen. Sie war später als Oberstudiendirektorin Leiterin dieser Schule. Im NASSAUISCHEN VEREIN FÜR NATURKUNDE hat sie sich mit Exkursionsführungen und Vorträgen sowie als Beirats- und Vorstandsmitglied große Verdienste erworben (FRITZ, F. & F. KUTSCHER 1971).

2.4.3 Das Mikrobiologische Laboratorium

Ein besonders gutes Beispiel für die Einheit von Theorie und Praxis, wie sie im Chemischen Laboratorium immer angestrebt wurde, ergab sich in jenen Jahren in der Mikrobiologie. Noch bevor 1946 wieder mit dem Unterricht begonnen werden konnte, hat gerade diese Abteilung auf Grund der schon geschilderten Verhältnisse in der ersten schweren Nachkriegszeit durch die bakteriologischen Wasser- und Lebensmitteluntersuchungen einen wesentlichen Beitrag zum wirtschaftlichen Überleben des Laboratoriums geleistet. Hier war es an erster Stelle Dr. habil. ALFRED GEHRING (Abb. 3), der den Wiederaufbau unter schwierigsten äußeren Bedingungen bewerkstelligt hat. Bevor er 1936 nach Wiesbaden kam, war er Professor an der Landwirtschaftlichen Hochschule in Braunschweig. Seine große wissenschaftliche Erfahrung hat er später in zahlreichen Publikationen, über die noch zu berichten sein wird, niedergelegt.

Einen großen Gewinn bedeutete die Einstellung der Mikrobiologin EDITH WIENRICH (Abb. 3). Sie kam als Flüchtling aus Königsberg in Ostpreußen, wo sie Assistentin von Professor Dr. JOSEF BÜRGER, Direktor des Hygienischen Instituts der Universität, gewesen war. Über ihre ersten Jahre bei FRESENIUS heißt es in der Jubiläumsschrift zum 100jährigen Bestehen dieser Abteilung: „Mit fundiertem mikrobiologischem Wissen und guten pädagogischen Fähigkeiten, vor allem aber mit Fleiß und Energie konnte sie die praktische Arbeit der Mikrobiologischen Abteilung zu neuer Hochform führen. Dr. GEHRING und

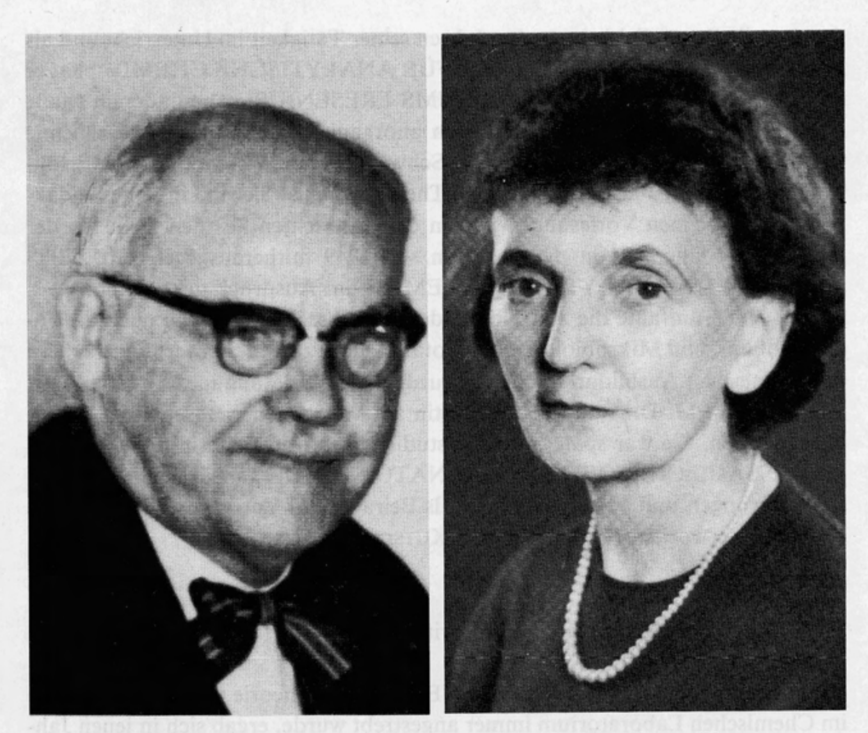


Abb. 3: Links: Dr. habil. ALFRED GEHRING; rechts: Frau EDITH WIENRICH

EDITH WIENRICH verschafften der Abteilung wieder Rang und Ansehen wie in den Vorkriegstagen" (BIBO, F.-J. 1984).

Im Unterricht übernahm Frau WIENRICH die Leitung des botanischen Praktikums sowie der Nahrungs- und Genußmittel-Mikroskopie. In der Praxis waren bakteriologische und mykologische Untersuchungen, z. B. auf Schimmelpilzbefall von Korken oder Prüfung von Membranfiltern für die Getränkeindustrie auf absolute Keimfreiheit, tägliche Routine. Dazu kamen anspruchsvollere Arbeiten wie Untersuchung der Osmophilität von Bakterien und Pilzen und Studien über die Zuverlässigkeit der Desinfektion von Entkeimungsfiltern.

2.5 Nach der Währungsreform

Die Währungsreform vom 20. Juni 1948 bedeutete für das Chemische Laboratorium einen bedeutsamen Einschnitt. Einerseits konnte der wirtschaftliche Rückschlag, den die plötzliche Beschränkung auf das „Kopfgeld" von 40 Deut-

sche Mark pro Person bedeutete, nur mit großer Mühe aufgefangen werden. Andererseits kann man aber erst von diesem Zeitpunkt an von seriösen ökonomischen Bedingungen sprechen. Erst jetzt hatte das Geld wieder seine eigentliche Funktion. Die einzige Schwierigkeit bestand darin, genügend Geld zu haben, um die notwendigen Anschaffungen für das Laboratorium tätigen zu können.

Hier ist eine Geschichte zu erzählen, die für die damalige Zeit typisch ist. Wie Mitarbeiter zuverlässig berichteten, hat damals Dr. WILHELM FRESENIUS seine persönlichen 40 DM ausschließlich dazu verwendet, Briefmarken zu kaufen. Mit diesen Briefmarken wurden Rechnungen verschickt, die mit dem neuen Geld zu bezahlen waren. Wie groß der Multiplikationseffekt der 40 DM Porto gegen bezahlte Rechnungen tatsächlich gewesen ist, ist leider nicht mehr festzustellen. Von dem eingehenden Geld mußten zuerst die Gehälter der Mitarbeiter bezahlt werden. Was dann noch übrig war, diente in erster Linie dazu, notwendige Anschaffungen für die analytischen Labors zu machen, wo bis dahin (und auch noch einige Zeit danach) manche Leistungen nur mit behelfsmäßig hergerichteten Geräten und improvisierten Methoden zustandegebracht werden konnten.

An einen Wiederaufbau der zerstörten Häuser Kapellenstraße 13–15 war noch lange nicht zu denken. Mit der Räumung der Trümmer konnte erst ab dem Frühjahr 1949 begonnen werden. Auch hier ging es nicht ohne eine echte „Story" ab. (Der aufmerksame Leser wird längst gemerkt haben, daß aus den ersten Nachkriegsjahren außer seriösen Fakten häufig über solche kleinen Menschlichkeiten berichtet wird. Sie hatten damals einen viel höheren Stellenwert, als es heute der Fall ist. Deshalb sind sie oft besser in der Erinnerung behalten worden als Zahlen und Fakten, die meistens nur lückenhaft belegt sind. Außerdem zeichnen diese kleinen, aber intensiv „erlebten" Geschichten von den Ereignissen dieser denkwürdigen Zeit ein viel anschaulicheres Bild als das ausschließliche Aneinanderreihen nüchterner Tatsachen.)

Über die Praxis der Trümmerschuttbeseitigung gibt es folgende Geschichte. Die Lastwagenfahrer, die von der Stadt für das Wegräumen der Trümmer geschickt wurden, hatten den Auftrag, ausschließlich losen Schutt mitzunehmen. Stehende Mauerruinen zu beseitigen, bekamen sie nicht bezahlt. Nun waren aber in der Kapellenstraße bei dem Fliegerangriff beachtliche Reste von Außen- und Zwischenmauern stehengeblieben, die für einen Neubau nicht mehr zu gebrauchen waren. – Was tun? Hilf dir selbst, so hilft dir Gott: Abends, wenn der Schutt vom Tage abgefahren war, machten sich Lehrer und Schüler, wegen der Kittel „weiße Mäuse" genannt, an die Arbeit. Sie zerschlugen portionsweise immer soviel stehendes Mauerwerk, daß für den folgenden Tag wieder genügend loser Schutt vorhanden war. Den Lastwagenfahrern war das nur recht; sie wurden ja nach Tonnen abgefahrenen Bauschutts bezahlt.

Solche kleinen Tricks waren damals an der Tagesordnung. Sie gehörten zu einer Art Überlebensphilosophie, die allseits praktiziert und toleriert wurde. Damit mag es nun aber genug sein. Am Anfang der fünfziger Jahre war die Normalisierung so weit fortgeschritten, daß man von einem neuen Abschnitt in der Geschichte des CHEMISCHEN LABORATORIUMS FRESENIUS sprechen kann.

Nachzutragen bleibt ein Ereignis, das in der Gegenwart wohl Anlaß für ein eindrucksvolles Fest gewesen wäre, damals aber nur in bescheidenem Rahmen gefeiert werden konnte: das 100jährige Jubiläum des Laboratoriums im Jahre 1948. Es gab einen akademischen Festakt mit Ansprachen und Essen im Kasino der Chemischen Fabrik Kalle in Biebrich. Es war das letzte große Ereignis, an dem der Senior, Prof. DR. REMIGIUS FRESENIUS, noch teilgenommen hat. Abgerundet wurden die Feierlichkeiten durch eine Dampferfahrt auf dem Rhein. Mit ihr wurde eine Tradition begründet, die von da an viele Jahre lang als Betriebsausflug beibehalten und Mitte der siebziger Jahre nur deshalb aufgegeben worden ist, weil die Freizeitvorstellungen der Mitarbeiter seit der Zeit des „Wirtschaftswunders" andere geworden waren.

3. Die Zeit des Übergangs

3.1 Zeitschrift und Handbuch der Analytischen Chemie

Nach dem Tod von REMIGIUS FRESENIUS, dem letzten Enkel des Gründers, übernahm Dr. WILHELM FRESENIUS 1949 die Leitung des Chemischen Laboratoriums. Schon 1948 konnte nach einer kriegsbedingten Zwangspause von vier Jahren die „ZEITSCHRIFT FÜR ANALYTISCHE CHEMIE" mit Band 128 wiedererscheinen. 60 Bände (129–187) wurden von W. FRESENIUS und A. KURTENACKER gemeinsam herausgegeben. Auch das HANDBUCH DER ANALYTISCHEN CHEMIE, für dessen erste sieben Bände REMIGIUS FFRESENIUS in Zusammenarbeit mit dem Greifswalder Professor G. JANDER verantwortlich gezeichnet hatte (FRESENIUS, R. & G. JANDER 1940–48), wurde danach von WILHELM FRESENIUS weitergeführt (FRESENIUS, W. & G. JANDER 1950 ff.).

Seit den Jahren 1948–1951 haben sich die traditionellen Arbeitsgebiete des CHEMISCHEN LABORATORIUMS FRESENIUS, Untersuchungslaboratorium, Unterrichtslaboratorium und Zeitschrift/Handbuch für Analytische Chemie, wieder selbständiger entwickelt, ohne daß die enge Verflechtung untereinander geringer geworden wäre. Der ständige wissenschaftliche Kontakt und tägliche Erfahrungsaustausch zwischen den verschiedenen Abteilungen haben erst in ihrem Miteinander den großen Leistungssprung ermöglicht, der für die folgenden Jahrzehnte kennzeichnend ist.

3.2 Das Unterrichtslaboratorium

Die Vielfalt der wissenschaftlichen und praktischen Arbeit macht es allerdings unmöglich, im Rahmen dieses Berichtes auf alle Aktivitäten in gleichem Maße einzugehen. So muß auf die Darstellung der CHEMIESCHULE FRESENIUS GmbH, heute die offizielle Bezeichnung des ursprünglichen Unterrichtslaboratoriums, verzichtet werden. Sie hat im Rahmen der Neuordnung des Bildungswesens in der Bundesrepublik Deutschland eine Entwicklung durchlaufen, die 1962 zur Verselbständigung (als gemeinnützige GmbH), zur Schaffung neuer Lehrpläne und Berufslaufbahnen und seit 1971 zum Aufbau der staatlich anerkannten privaten FACHHOCHSCHULE FÜR CHEMIE, FACHSCHULE FÜR CHEMIETECHNIK und BERUFSFACHSCHULE FÜR PHARMAZEUTISCH-TECHNISCHE UND CHEMISCH-TECHNISCHE ASSISTENTEN geführt hat. Was jedoch nicht bedeutet, daß durch die zweckorientierte förmliche Trennung die Verbindung zum INSTITUT FRESENIUS seitdem weniger intensiv wäre als in früheren Jahren.

3.3 Das Untersuchungslaboratorium

Bei der Darstellung der Arbeiten des Untersuchungslaboratoriums soll im weiteren Verlauf dieses Berichtes versucht werden, solche Themen in den Vordergrund zu stellen, die zu den traditionellen oder sich im Laufe der Zeit entwickelnden Hauptarbeitsgebieten gehören, allgemein naturkundliche Fragestellungen berühren oder sich auf spezifisch Wiesbadener Inhalte beziehen.

Die Verbindung zu Handel und Gewerbe im Wiesbadener Raum und zur öffentlichen Gesundheitspflege hat eine lange Tradition. Deutlich wird das in einer Festschrift „DIE ÖFFENTLICHE GESUNDHEITSPFLEGE WIESBADENS" (Abb. 4) beschrieben, die der Magistrat im Jahre 1908 anläßlich der 33. Versammlung des DEUTSCHEN VEREINS FÜR ÖFFENTLICHE GESUNDHEITSPFLEGE herausgegeben hat (RAHLSON, H. 1908). Dort heißt es, „die Anstalt beschäftigt sich außer Analysen für Private mit chemischen und bakteriologischen Untersuchungen für das Wasserwerk der Stadt Wiesbaden, mit chemischen und bakteriologischen Untersuchungen der Thermalwässer sowie Bach- und Kanalwässer für das Städtische Kanalbauamt". Sie führt „Weinanalysen für die Kellerkontrolle im Regierungsbezirk Wiesbaden sowie Untersuchungen für die Zoll- und Steuerbehörden" durch.

Von der Königlichen Polizei-Direktion, Wiesbaden, „sind dem LABORATORIUM FRESENIUS die für die Durchführung des Nahrungsmittelgesetzes erforderlichen chemischen Untersuchungen übertragen. In der Zeit vom 1. April 1907 bis 31. März 1908 wurden auf hygienischem Gebiet im Auftrag der genannten Behörde folgende Untersuchungen ausgeführt: Wasserwerk Wiesbaden: 198

Deutscher Verein für öffentliche Gesundheitspflege
33. VERSAMMLUNG • WIESBADEN 1908

Die öffentliche Gesundheitspflege Wiesbadens

Von der Stadt Wiesbaden dargebotene

Festschrift

IM AUFTRAGE DES MAGISTRATS
herausgegeben von
Dr. H. RAHLSON
Leiter des Statistischen Amts der Stadt Wiesbaden

WIESBADEN
Verlag von J. F. Bergmann
1908

Abb. 4: Titelblatt der Festschrift „Die öffentliche Gesundheitspflege Wiesbadens" (s. Text, S. 113)

chemische und 591 bakteriologische Untersuchungen; Städtisches Kanalbauamt: 95 Untersuchungen; Königliche Polizei-Direktion: 160 Milchproben (davon beanstandet 1), 157 Proben von Nahrungs- und Genußmitteln (Fleisch- und Fleischwaren, Butter, Fruchtsäfte etc.)".

Diese Zitate aus der Festschrift von 1908 zeigen, daß man nach dem 2. Weltkrieg fachlich an alte Traditionen anknüpfen konnte. Die bakteriologisch-mikrobiologischen Untersuchungen, alles was zum Bereich Hygiene und Gesundheitsschutz gehörte, war von Anfang besonders gefragt. Das gilt für die Amerikaner als Besatzungsmacht ebenso wie für die deutschen Behörden. Darauf ist bereits im vorhergehenden Kapitel hingewiesen worden. Voraussetzung war, daß das mikrobiologische Laboratorium so schnell wie möglich wieder seine volle Leistungsfähigkeit erreichte. Mit dem anfangs provisorischen, bald jedoch den qualitativen und quantitativen Anforderungen angepaßten Wiederaufbau der „Bak", wie die mikrobiologische Abteilung hausintern genannt wurde, sind diese Bedingungen sehr schnell erfüllt worden.

3.4 Zusammenarbeit mit der Mineralwasser- und Getränke-Industrie

Die intensive Zusammenarbeit mit der Getränke-Industrie und den deutschen Mineralbrunnen, die sich parallel zu den behördlichen Aufträgen entwickelte, machte es erforderlich, einen Außendienst aufzubauen, der zuerst regional, später länderübergreifend und bundesweit Probenentnahmen, Untersuchungen vor Ort und sachkundige Beratungen durchführen konnte. Schwierig war dabei vor allem das Problem der Mobilität. Die Zeiten der Kundenbesuche mit dem Fahrrad und des Transports auf Leiterwagen waren vorbei. Man behalf sich mit Eisenbahn, Taxis und Mietwagen, bevor 1949/50 der erste eigene Volkswagen-„Käfer" angeschafft wurde.

Interessant sind die Fragestellungen, die von Seiten der Auftraggeber an das Laboratorium herangetragen wurden. Sie spiegeln sich deutlich in wissenschaftlichen und anwendungsorientierten Beiträgen wieder, die anfangs überwiegend in den Fachzeitschriften „MINERALWASSER-ZEITUNG", „DER NATURBRUNNEN" und „HEILBAD UND KURORT" erschienen sind. Die jährlichen Protokolle über die Konstanz des Wiesbadener Kochbrunnens, der Adler- und Schützenhofquelle sowie (in größeren Abständen) des Faulbrunnens wurden in den JAHRBÜCHERN des NASSAUISCHEN VEREINS FÜR NATURKUNDE abgedruckt.

Die erste Veröffentlichung, die von Dr. WILHELM FRESENIUS nach dem Krieg erschien, war eine zusammenfassende Darstellung der „Chemischen Untersuchung von Mineralbrunnen" (FRESENIUS, W. 1949). Sie baut auf Erfahrungen des LABORATORIUMS FRESENIUS auf, die vorher am ausführlichsten im HANDBUCH DER LEBENSMITTELCHEMIE, Band 8/2 (FRESENIUS, R., W.

DICK & W. M. HARTMANN 1941) dargestellt wurden. Er geht aus von der Definition der Mineralwässer, wie sie innerhalb der Lebensmittelgesetzgebung durch die Tafelwasserverordnung vom 12. 11. 1934 / 11. 2. 1938 festgelegt wurde. Eigentliche Grundlage waren die „Nauheimer Beschlüsse", die am 25./26. September 1911 auf der Hauptversammlung des „Vereins der Kurorte und Mineralquellen-Interessenten Deutschlands, Oesterreich-Ungarns und der Schweiz" in Bad Nauheim festgelegt wurden (FRESENIUS, W. 1960).

3.5 Die Nauheimer Beschlüsse

In den „Nauheimer Beschlüssen" war in Anlehnung an die Abhandlung des Fresenius-Mitarbeiters L. GRÜNHUT „Was ist ein Mineralwasser?" (GRÜNHUT, L. 1911) definiert worden: „Unter Mineralwasser (. . .) versteht man Wässer, deren Gehalt an festen gelösten Stoffen mehr als 1 g in 1 kg beträgt oder die sich durch ihren Gehalt an gelöstem Kohlendioxyd oder an gewissen seltener vorkommenden Stoffen von den gewöhnlichen Wässern unterscheiden, und endlich auch solche Wässer, deren Temperatur dauernd höher liegt als 20 °C." Auf den im LABORATORIUM FRESENIUS erarbeiteten Grundlagen wurden in den Nauheimer Beschlüssen für 12 weitere Ionen (heute spricht man von wertbestimmenden Einzelbestandteilen), die Alkalität und die Radium-Emanation „Grenzwerte zur Unterscheidung zwischen Mineralwasser und gewöhnlichem Wasser" festgelegt.

Heilwässer unterscheiden sich von Mineralwässern darin, daß über die Anforderungen an natürliche Mineralwässer hinaus ein Nachweis ihrer klinischen und biologischen Wirksamkeit geführt werden muß (FRESENIUS, W. & K. E. QUENTIN 1959; FRESENIUS, W. 1980). Als Thermalwasser dürfen Wässer bezeichnet werden, deren Temperatur an der Quelle mehr als +20 °C beträgt. Alle diese Definitionen haben selbstverständlich nicht nur akademischen Charakter. Zwischen Fachverbänden und anderen Institutionen wird vielmehr bis in die Gegenwart um jeden Grenzwert hart gerungen. Denn es geht dabei immer auch um bedeutende wirtschaftliche und finanzielle Interessen. Und genau in diesem Bereich einer allgemeinen Akzeptanz solcher Normen einschließlich ihrer gesetzlichen Festschreibung hat das CHEMISCHE LABORATORIUM FRESENIUS als fachlich kompetente neutrale Instanz seinen Platz.

3.6 Wasser- und Mineralwasser-Analytik

3.6.1 Chemische Wasseruntersuchung

Unter diesem Gesichtspunkt ist die zitierte Veröffentlichung von 1949 zu verstehen, in der W. FRESENIUS in Fortschreibung von Überlegungen seines Onkels (FRESENIUS, R. 1939) neben der bestehenden, sehr aufwendigen „großen Mine-

ralwasseranalyse“ und der „kleinen Analyse“, bei der nur die Hauptbestandteile bestimmt werden, für die Schaffung einer „mittleren Analyse“ plädiert. Neben der quantitativen Erfassung der Hauptbestandteile könnten dann die nur in geringen Mengen vorhandenen Nebenbestandteile spektralanalytisch nachgewiesen werden. FRESENIUS konnte dabei auf die langjährigen Erfahrungen des Wiesbadener Laboratoriums mit der Spektralanalyse von Spurenmetallen in Mineralwässern verweisen (s. CZYSZ, W. 1988, S. 92: Spektralanalyse von Mineralwässern).

Die Analytik der freien und im Wasser gelösten Quellgase ist im LABORATORIUM FRESENIUS seit dem Beginn der Mineralwasseranalytik, auch im Zusammenhang mit den Gasen des Wiesbadener Kochbrunnens (HINTZ, E. & L. GRÜNHUT 1910), praktiziert worden. Die Erfahrungen der Nachkriegszeit auf diesem Gebiet sind in den Jahrbüchern „VOM WASSER“ ausführlich dargestellt worden (FRESENIUS, W. & W. SCHNEIDER 1968). Auch das Problem der Reinheit der dem Wasser zuweilen künstlich zugesetzten Kohlensäure und deren manometrische und chemische Bestimmung wurde mehrfach untersucht (FRESENIUS, W. 1951a; FRESENIUS, W. & W. SCHNEIDER 1960, 1967a, b).

Es würde zu weit führen, die chemische Untersuchung von Mineralwässern als einem Schwerpunkt der Arbeiten des LABORATORIUMS FRESENIUS noch weiter zu verfolgen. Einige Hinweise auf Untersuchungen, die schon in der ersten Veröffentlichung von W. FRESENIUS 1949 „*in nuce*“ angedeutet wurden, mögen kurz erwähnt werden. Etwa die Beobachtung der Schwankungen in der Zusammensetzung natürlicher Mineralwässer. Dieses Thema hat W. FRESENIUS in einer umfassenden Veröffentlichung später wieder aufgenommen und auf der Grundlage neuerer Erkenntnisse ausführlich dargestellt (FRESENIUS, W. & W. SCHNEIDER 1967c).

Das gleiche Thema wurde bereits viele Jahre früher vom Gründer des Laboratoriums im JAHRBUCH DES NASSAUISCHEN VEREINS FÜR NATURKUNDE (FRESENIUS, R. 1894) schon einmal behandelt. Er beschreibt dort den Vergleich derartiger Schwankungen zwischen dem Niederselterser Brunnen (Analysen des Wassers von 1845 und 1863), dem Emser Kränchen 1851 und 1871 und dem Wiesbadener Kochbrunnen 1849 und 1885. Nimmt man als Maß dieser Schwankungen das Maximum und Minimum der Summe der gelösten festen Bestandteile der Mineralwässer, die man durch das Gewicht des Abdampfrückstandes bei 180 °C bestimmt, so ergeben sich für die genannten Zeiträume folgende Relationen: Niederselterser Brunnen 100 : 87,3; Emser Kränchen 100 : 95,9; Wiesbadener Kochbrunnen: 100 : 99,7.

Auf die in diesen Zahlen zum Ausdruck kommende, erstaunliche Konstanz des Wiesbadener Kochbrunnens wurde schon im 1. Teil (CZYSZ, W. 1988, S. 90) hingewiesen. Sie zeigt sich z. B. auch im Vergleich zum Wasser der bekannten Mineralquelle in Fachingen. In der Festschrift „75 Jahre Staatl. Mineralbrunnen Fa-

chingen“ (1980) heißt es dazu, daß 1861 in Fachingen ein Gehalt an gelösten festen Bestandteilen von 4.107 mg/kg ermittelt wurde (FRESENIUS, R. 1864). Dem steht „ein Wert der Originalflaschenabfüllung im Jahre 1978 von 3.306 mg/kg gegenüber“ (FRESENIUS, W. & W. SCHNEIDER 1980). Dieser Wert liegt nach den Begriffsbestimmungen des deutschen Bäderverbandes (1979) noch innerhalb der zulässigen Schwankungsbreite von 20%. Um so erstaunlicher ist demgegenüber der mindestens seit 140 Jahren nahezu unveränderte Salzgehalt der Wiesbadener Thermalquellen, darunter an erster Stelle der Kochbrunnen und die große Adlerquelle.

3.6.2 Enteisenung natürlicher Mineralwässer

Als letztes Stichwort für die chemische Untersuchung mag die Enteisenung von natürlichen Mineralwässern genannt werden. Zweiwertige Eisen-Ionen sind in vielen deutschen Mineralwässern enthalten (vgl. FRESENIUS, L. 1931). Obwohl unter gesundheitsförderndem Gesichtspunkt wünschenswert, stören sie beim Abfüllen in Flaschen, weil sie bei Luftzutritt zu dreiwertigem Eisenoxidhydrat oxidiert werden, das sich in den Flaschen als bräunliche Trübung niederschlägt. Außerdem verleihen schon 0,3 mg Eisen-Ionen im Liter dem Wasser einen als tintenartig oder moorig empfundenen Geschmack (GEHRING, A. 1955a). Die Enteisenung wurde 1911 in den „Nauheimer Beschlüssen“ als erlaubte Manipulation des Mineralwassers festgelegt, aber nur in der Form der Belüftung mit nachfolgender Filterung, weil hierdurch die chemische Zusammensetzung des Wassers am wenigsten beeinträchtigt wird.

Um diesen Vorgang zu optimieren und die Qualität des Wassers nach der Enteisenung zu kontrollieren, wurden im LABORATORIUM FRESENIUS zahlreiche Versuche durchgeführt (GEHRING A. 1957a, 1959a; FRESENIUS, W. & W. SCHNEIDER 1959a), die hier jedoch nicht beschrieben werden können. Hingewiesen sei andererseits auf einen „Versuchsbericht des Institutes Fresenius über die Stabilität von gelöstem zweiwertigem Eisen in Heilwasserabfüllungen“ (FRESENIUS, W. & W. SCHNEIDER 1974a), wo es um „eisenhaltige“ Heilwässer geht, bei denen die Erhaltung des therapeutisch wirksamen Eisen(II) erwünscht ist. Es wird gezeigt, wie man bei Einhalten bestimmter Vorsichtsmaßnahmen während der Förderung, Ableitung und Abfüllung dieser Wässer erreichen kann, daß der Verbraucher bei einem Eisen(II)-Gehalt z. B. von 12,3 mg/kg an der Quelle davon mindestens noch 10 mg gelöstes zweiwertiges Eisen in 1 kg (heute 1 Liter) des in der Flasche abgefüllten Heilwassers erhält.

Von den Wiesbadener Thermalquellen ist in diesem Zusammenhang erwähnenswert, daß deren schwache Trübung nichts anderes ist als eine Suspension von dreiwertigem Eisen, die bei Zutritt von Luftsauerstoff unter gleichzeitiger Druckentlastung aus dem ursprünglich vorhandenen Eisen(II) entsteht. In ange-

reicherter Form ist Eisen(III)-oxid in dem ockerfarbenen Sinter des Kochbrunnens enthalten (FRESENIUS, W. & W. SCHNEIDER 1963). Schon die alten Römer haben ihn zu Kugeln geformt und zum Färben altersgrauer Haare verwendet (MARTIAL, Epigramme 14, 27: „Wenn du die Farbe deiner grau gewordenen Haare verändern willst, nimm mattiakische Kugeln. . .").

Die unter fachlicher Beratung durch das LABORATORIUM FRESENIUS errichtete Speicheranlage im Kaiser-Friedrich-Bad ist in mehrfacher Weise von wirtschaftlicher Bedeutung: Durch die luftfreie Förderung und den Transport unter Stickstoff-Druck wird hochwertiges Thermalwasser im reduzierten Zustand gesammelt. Es kann in dieser Form oder nach Luftzutritt und Enteisenung verwendet werden. In säurebeständig emaillierten Druckleitungen aus Gußeisen transportiert man es bis zu den Rheumakliniken am Bingert und zum Thermalschwimmbad im Aukammtal (FRESENIUS, W., G. KLEINSCHMIDT & W. SCHNEIDER 1978). Außerdem wird es (seit 1958) in einer Gegenstromanlage zur Heizung des Kaiser-Friedrich-Bades (KLOTZ, E. 1959; FRESENIUS, W. 1961) und im Weberhof/Palast-Hotel (RIEDLE, K. 1983) genutzt. Neuerdings verwendet man bisher ungenutzt abfließendes Thermalwasser auch über Wärmepumpen zur Wärme- und Energiegewinnung im neuen Rathaus (Magistratsbeschluß Nr. 569 vom 3. Juni 1986, S. 29–33).

3.6.3 Mikrobiologische Wasseruntersuchung vor 1945

Gegenüber der chemischen Betrachtungsweise, die bei der anorganischen Wasseranalytik des LABORATORIUMS FRESENIUS im Vordergrund steht, werden in der mikrobiologischen Abteilung diese Wässer auf ihre bakteriologisch einwandfreie Beschaffenheit geprüft. Dieser Untersuchungsbereich hat seine Grundlagen in den bahnbrechenden Arbeiten von LOUIS PASTEUR und ROBERT KOCH. Bereits 1884 wurde im Wiesbadener Chemischen Laboratorium eine hygienisch-bakteriologische Abteilung eingerichtet (CZYSZ, W. 1988, S. 64). Sie hat während der 1885 auftretenden Cholera-Epidemie, besonders in Finthen und Gonsenheim bei Mainz, mit umfangreichen Untersuchungen die erste Bewährungsprobe bestanden (HUEPPE, F. 1886; KOPP, K. 1986, S. 101). 1887 wurde eine bakteriologische Wasseranalyse von FRESENIUS für die Stadt Speyer durchgeführt, deren Niederschrift noch heute im Original vorhanden ist. In Wiesbaden hatte man mit der „Bakteriologischen Untersuchung der wichtigsten Quellen der städtischen Wasserleitung" (MALAPERT-NEUFVILLE, R. v. 1886) schon 1884 begonnen. Zuerst nur gelegentlich, 1885 „wegen der Typhusepidemie häufiger"; seit 1886 gab es regelmäßige bakteriologische Kontrollen (FRANK, G. 1892).

MALAPERT-NEUFVILLE bezeichnet seine umfangreiche Arbeit im Untertitel als „Beitrag zur bakteriologischen Untersuchung natürlicher Gewässer". Einleitend

beschreibt er mit einer heute noch gültigen Formulierung die Situation: „Die Thatsache, dass in den meisten natürlichen Gewässern Bakterien angetroffen werden, verbunden mit dem wichtigen Einfluss, welchen nach den neuesten Forschungen gerade diese Mikroorganismen auf sehr viele Vorgänge ausüben – ich erinnere unter Anderem an die Mitwirkung der Bakterien bei anorganischen Vorgängen, Ueberführung von Ammoniak in salpetrige Säure und Salpetersäure, Oxydation von Kohlenstoffverbindungen zu Kohlensäure, Reduction von Sulfaten zu Schwefelwasserstoff, an die von Bakterien veranlassten Hydratationen, Gährungs- und Fäulnisserscheinungen, die Erzeugung von Farbstoffen (Pigmenten) und schließlich an die krankheitserregenden Eigenschaften vieler dieser Mikroorganismen – bedingen die Nothwendigkeit, bei der Untersuchung des Wassers gerade dem bakteriologischen Theil der Untersuchung ein Hauptaugenmerk zuzuwenden."

„Um eine gründliche Kenntnis in dieser Hinsicht zu erlangen, auch um festzustellen:

1) wie weit reine Quellwasser, die ganz sicher gegen den Einfluss von Atmosphärilien, Tagewasser, Humusbestandtheilen und Abgängen pflanzlicher und thierischer Art geschützt sind, von Bakterien bewohnt werden,
2) in welcher Anzahl Bakterien in solchem Wasser vorkommen, welcher Art dieselben sind, und hauptsächlich auch, ob Bakterien, welche als krankheitserregend bekannt sind, in natürlichen Gewässern angetroffen werden, und
3) welche Wirkungen die Lebensthätigkeit aus Wasser stammender Bakterien auf Substrate ausübt, um danach ein Urtheil über das Wasser im Hinblick auf gesundheitsmässige Beschaffenheit und sonstige Verwendbarkeit gewinnen zu können,

unternahm ich die Untersuchung mehrerer natürlicher süsser Quellwasser 1. der Quellen, aus welchen die städtische Wasserleitung Wiesbadens gespeist wird, 2. desselben Wassers, nachdem es gemischt und dem Sammelbehälter zugeführt worden ist, 3. desselben Wassers, wie es in der Stadt consumiert wird."

Leider kann der Inhalt dieser 50 Seiten umfassenden und für die Anfänge der mikrobiologischen Trinkwasserkontrolle in Wiesbaden wichtigen Arbeit hier nicht weiter verfolgt werden. Das gilt auch für die schon zitierte, zusammenfassende Darstellung von Dr. GEORG FRANK, Nachfolger von Prof. HUEPPE als Leiter des mikrobiologischen Laboratoriums, über die „Resultate der bakteriologischen Untersuchungen des Wiesbadener Quell-Leitungswassers in den Jahren 1886–1891". Dieser Artikel ist für natur- und heimatkundlich interessierte Leser auch heute noch von Interesse, weil er über die Wasserversorgung und den Wasserverbrauch in Wiesbaden gegen Ende des vorigen Jahrhunderts Auskunft gibt. Darüber hinaus enthält er die wohl älteste gedruckte Beschreibung der Sammelgallerien Pfaffenborn hinter der Fasanerie, im Adamstal und im oberen Nerotal (Alter Weiher/Wilhelmsstollen) sowie des Tiefstollens im Münzberg (s. dazu

auch STENGEL-RUTKOWSKI, W. 1983, KOPP, K. 1986, S. 54–62, RICHTER, M. 1986a).

In einem allgemeineren Sinne hatte E. HINTZ 1897 „Über den augenblicklichen Stand der Beurteilung des Trink- und Nutzwassers“ berichtet. L. GRÜNHUT hat 1914 Vorträge über „Untersuchung und Begutachtung von Wasser und Abwasser“ publiziert. In den folgenden Jahrzehnten gingen diese Aufgaben jedoch mehr und mehr auf staatliche Hygiene-Institute über. Bei FRESENIUS hat man zwar weiter bakteriologische Proben, vor allem im Bereich der Nahrungsmittel und Technischen Produkte, untersucht. Der Schwerpunkt verlagerte sich aber auf die Chemotechniker-Ausbildung im Unterrichtsfach Bakteriologie.

3.6.4 Mikrobiologische Wasseruntersuchung nach 1945

Erst die weitgehende Zerstörung vieler staatlicher Untersuchungsämter nach dem 2. Weltkrieg, darauf wurde schon hingewiesen, führte dazu, daß sowohl die amerikanische Besatzungsmacht als auch die sich neu formierenden deutschen Behörden auf das Leistungspotential des LABORATORIUMS FRESENIUS auf dem Gebiet der chemischen und mikrobiologischen Wasseruntersuchung zurückgriffen. Da an Mineralwasser im Sinne der oben genannten Definition vom bakteriologischen Standpunkt die gleichen Anforderungen zu stellen sind wie an Trinkwasser, ergab sich daraus die Zusammenarbeit mit den Natur- und Mineralbrunnen-Betrieben. Wobei hier als Besonderheit hinzukam, daß die Wässer überwiegend in verschlossenen Behältnissen (Flaschen) in den Verkehr gebracht werden. Damit gelten hier die besonderen Rechtsvorschriften für „abgefüllte Wässer zur gewerbsmäßigen Abgabe an Verbraucher“.

Die Untersuchung der bakteriologischen Beschaffenheit dieser Wässer war Angelegenheit der mikrobiologischen Abteilung des Laboratoriums, die in den ersten 15 Jahren nach dem Kriege unter der Leitung von Dr. habil ALFRED GEHRING stand. In hervorragender Zusammenarbeit mit der Mikrobiologin EDITH WIENRICH wurden in kürzester Zeit die räumlichen und fachlichen Voraussetzungen für die Wiederaufnahme des Untersuchungsbetriebes geschaffen. Daneben war aber auch der mikrobiologische Unterricht der Chemotechniker und Chemotechnikerinnen zu bewältigen.

Die Vielfalt der Fragestellungen und der Einfallsreichtum der erarbeiteten Lösungen läßt sich sehr gut aus den Veröffentlichungen ablesen, die in verschiedenen Fachzeitschriften erschienen sind. Überwiegend sind es praxisbezogene Beiträge, die aus der Zusammenarbeit zwischen Auftraggebern, Mineralbrunnenbetrieben und Fruchtsaft/Limonadenherstellern, und dem LABORATORIUM FRESENIUS hervorgegangen sind.

In einem Tätigkeitsbericht über „30 Jahre Betreuung der Mineralbrunnen-Industrie“ (SCHNEIDER, A. 1984) heißt es: „Nach dem Krieg wurden die alten An-

lagen wieder hergerichtet, um den zunächst bescheiden anmutenden Bedarf der Verbraucher zu decken. Wenn man diese Anlagen heute ansieht, so erscheinen sie fast vorsintflutlich. Die Flaschen wurden in Maschinen mit rotierenden Bürsten innen und außen gereinigt, anschließend ausgespritzt. Der Zitronen- und Orangensirup (Mischung aus gelöstem Zucker mit Zitronenessenz bzw. Grundstoff) wurde über einen sogenannten Saftvorfüller in die Flaschen dosiert und anschließend im Füller, der acht oder zwölf Füllstützen hatte, mit imprägniertem Wasser (CO_2-haltiges Wasser) versetzt. Das Etikettieren erfolgte meistens von Hand. Bei dieser doch recht primitiven Abfülltechnik gab es viele Schwachstellen, die es aufzudecken und zu bereinigen galt."

3.6.5 Was heißt: Mikrobiologisch-hygienisch einwandfrei?

Grundlage der Qualität eines solchen Produkts war seine mikrobiologisch-hygienisch einwandfreie Beschaffenheit. Um die Aufgabenstellung, „Bestimmung der mikrobiologischen Reinheit" eines Produktes, zu verstehen, muß man sich klarmachen, daß es dabei unterschiedliche Reinheitsgrade gibt. Den höchsten Grad, die Vernichtung aller Mikroorganismen auf einem Gegenstand oder in einem Wasser, erreicht man durch Erhitzen auf eine Temperatur von 100 °C oder darüber. Man spricht dann von Sterilisation. Sind nur krankheitserregende Keime zu beseitigen, führt im allgemeinen die Desinfektion mit chemischen Mitteln zum Erfolg. Einen analogen Vorgang stellt die Pasteurisierung von Lebensmitteln bei Temperaturen zwischen 60 und 90 °C dar.

Zur Ermittlung des mikrobiologischen Reinheitsgrades von Lebensmitteln und Wasser bedient man sich überwiegend der Bestimmung der Gesamtkeimzahl. Hierbei bringt man eine abgewogene oder abgemessene Menge des Untersuchungsmaterials in einen sterilen Nährboden ein. Das beimpfte Kulturmedium läßt man, meistens in Petrischalen, 1–3 Tage bei einer bestimmten Temperatur (z. B. 37 °C) stehen. Aus der Anzahl der entstandenen Mikrobenkolonien ergibt sich die Gesamtkeimzahl je Gramm oder Milliliter der untersuchten Probe. Absolute Standardkeimzahlen gibt es nicht. Die von einzelnen Staaten für bestimmte Produkte festgelegten Grenzwerte werden zur Zeit durch Empfehlungen der Weltgesundheitsorganisation (WHO) bzw. Verordnungen der Europäischen Gemeinschaft (EG-Normen) ersetzt. An der Ausarbeitung dieser Richtlinien sind die Mikrobiologen des LABORATORIUMS FRESENIUS wesentlich beteiligt.

In ersten grundlegenden Darstellungen nach dem Krieg berichtet W. FRESENIUS über „Hygienisch-bakteriologisch einwandfreie Erzeugnisse" (FRESENIUS, W. 1950, 1951b). Es handelt sich dabei um im Handel befindliche Mineralwässer und daraus hergestellte Limonaden. Anfangs wurden in einer Reihe von Geschäften von allen zum Verkauf stehenden Wassersorten Proben entnommen und „in üblicher Weise auf Keimzahl (Gelatine- und Agar-Platten) und *Bacterium*

coli (nach seinem ersten Beschreiber Escherich *Escherichia coli* genannt, der häufigste Vertreter der menschlichen und tierischen Darmflora) untersucht". Die Ergebnisse dieser Stichprobenanalysen (24 verschiedene Mineralwässer, Tafelwässer und Limonaden) waren „außerordentlich günstig", d. h. 11 Proben ohne Keime, 24 Proben ohne *B. coli.* In der ein Jahr später wiederholten Untersuchung von 130 Proben wurde *B. coli* wiederum in keinem einzigen Fall nachgewiesen.

In diesen Arbeiten sind deutlich die Probleme der ersten Nachkriegsjahre zu erkennen. Damals gehörten einwandfreie hygienische Verhältnisse noch nicht zu den Selbstverständlichkeiten. Man ging an Nahrungsmittelerzeugnisse (abgefüllte Wässer gehören in diese Kategorie) mit einer spürbar skeptischen Einstellung heran. Gleichzeitig wird die „pionierzeitliche" Art dieser ersten Auftragsbeschaffung deutlich: Zuerst war es nicht der Hersteller, der zum Laboratorium kam (er hatte andere Sorgen); das Laboratorium kaufte vielmehr auf eigene Rechnung im Handel angebotene Wässer und Limonaden, analysierte sie und versuchte, sich über persönliche Kontakte zu den Brunnenbetrieben und die Publikation der Untersuchungsergebnisse in den Verbands-Fachzeitschriften „Mineralwasser-Zeitung" und „Der Naturbrunnen" einen Markt zu schaffen.

3.7 Praxis der Mineralbrunnen-Beratung

Der Erfolg gab diesen Bemühungen recht. Und das in doppelter Hinsicht. In der Zusammenarbeit mit den Verbänden, zu der das traditionelle Ansehen bei den für die Festsetzung und Kontrolle der gesetzlichen Normen zuständigen Behörden hinzukam, entwickelten sich Erfahrungen und fachliche Kompetenz, die dem LABORATORIUM FRESENIUS eine führende Stellung unter den Beratern der deutschen Mineralbrunnenindustrie verschafften. Das führte zu einer Vielzahl von Aufträgen einer freiwilligen Qualitätskontrolle der Brunnenbetriebe (FRESENIUS, W. 1951c), für die mit der Zeit die auf dem Etikett gedruckte Fresenius-Analyse zu einem Gütesiegel wurde.

In der Zeit des „Wirtschaftswunders", als die Ansprüche stiegen, aber auch die technischen Möglichkeiten bei der Produktion der Wässer und Limonaden zunahmen, änderte sich deutlich die Art der Aufträge und damit die Thematik der Veröffentlichungen, von denen einige kurz erwähnt werden sollen. 1952 erschien eine Arbeit über „Die Haltbarkeit der Limonaden und Tafelwässer unter besonderer Berücksichtigung der Silberung" (FRESENIUS, W. & A. GEHRING 1952). Ausgangspunkt ist die z. T. erhebliche Lagerungsdauer von Limonaden und Tafelwässern, sei es beim Hersteller oder beim Verbraucher; ein Problem, das sich bei der Knappheit des Angebots in den ersten Nachkriegsjahren weniger häufig stellte als in der nun folgenden Periode der Überflußwirtschaft.

Die oligodynamische Wirksamkeit des Silbers beruht auf der keimtötenden Eigenschaft kleinster Mengen von Silberionen in Flüssigkeiten. Sie ist im wesentli-

chen auf die Anwendung in Trink- und Brauchwasser beschränkt geblieben oder, und hieraus bezieht sich die Arbeit aus dem LABORATORIUM FRESENIUS, auf abgefüllte Tafelwässer und Limonaden, die mit gesilbertem Quellwasser hergestellt wurden. Die Ergebnisse von Lagerungsversuchen (2–30 Tage) zeigen, daß die Art der vorhandenen Keime für die nach der Silberung beobachtete Keimzahl sehr entscheidend sein kann. Auch die chemische Zusammensetzung der Wässer spielt dabei eine Rolle. Zwar wird die keimtötende Wirkung der Silberung bestätigt. Sie hängt jedoch von einigen nicht immer kontrollierbaren Voraussetzungen ab. Man kann sie deshalb, so die Folgerungen aus den Versuchen des Laboratoriums Fresenius, nur sehr bedingt für die Verlängerung der Haltbarkeit von Limonaden einsetzen.

Eine besondere Schwachstelle der abgefüllten Wasser- und Limonadenflaschen stellen die Flaschenverschlüsse dar (GEHRING, A. 1955b, 1957b), bei denen es zum Eindringen und Einnisten von Keimen kommen kann. Das gleiche Problem stellt sich bei der Filterung und Reinigung der Filter in Mineralwasser-Betrieben (GEHRING, A. 1956a). Etwas anders gelagert, aber nicht unwichtig ist die strenge Einhaltung ganz bestimmter Qualitätsanforderungen der in Mineralwasserbetrieben verwendeten Kohlensäure. Auch diese Untersuchungen haben das Laboratorium viele Jahre lang beschäftigt (FRESENIUS, W. 1951a; FRESENIUS, W. & W. SCHNEIDER 1960).

Alle diese Aufgabenstellungen, zu denen noch Fragen der chemisch-bakteriologischen Kontrolle von betriebseigenen Brunnen (GEHRING, A. 1955c, 1957c), des Wassers in den Leitungen der Betriebe (GEHRING, A. 1956b) und der mikrobiologisch kontrollierten Herstellung von Zuckersirup für Limonaden (GEHRING, A. 1956c) und andere (GEHRING, A. 1958 a–e, 1959 b–e) hinzukommen, geben einen Eindruck von der Vielseitigkeit der Arbeit, die unter der Leitung des 1962 in den Ruhestand verabschiedeten, 1972 verstorbenen Dr. phil. habil. ALFRED GEHRING geleistet worden ist (wobei die bakteriologische Lebensmitteluntersuchung im engeren Sinn noch nicht einmal erörtert wurde). In seinen letzten Veröffentlichungen „Über die Haltbarkeit von Fruchtsaftgetränken“, „Ursachen des Verderbs von alkoholfreien Süßgetränken“ und „Über die Herstellung hygienisch einwandfreier und haltbarer Tafelwässer, Fruchtsaftgetränke und Limonaden“ (GEHRING, A. 1961a,b, 1962) hat er noch einmal seine langjährigen Erfahrungen zusammengefaßt.

3.8 Das chemisch-technische Untersuchungslaboratorium

Der Bericht über die Arbeit der mikrobiologischen Abteilung des CHEMISCHEN LABORATORIUMS FRESENIUS ist nun schon in den sechziger Jahren angelangt. Es fehlt noch die Beschreibung der Analytik des Anorganischen

Labors, das in jener „Dinosaurier-Periode“ der frühen Nachkriegsjahre mit vielen Schwierigkeiten zu kämpfen hatte. Dazu gehörten die Raumnot ebenso wie der Mangel an Analysengeräten, die, soweit sie den Krieg überdauert hatten, nun doch schon in die Jahre gekommen waren. Sie bedurften dringend einer Ergänzung durch neue Instrumente und Apparaturen, die dem Standard der außerhalb Deutschlands und besonders in den USA während des Krieges fortgeschrittenen Entwicklung der Analytischen Chemie entsprachen. Letzteres war auch deshalb zwingend, weil die Amerikaner in Deutschland in den verschiedensten Bereichen zwar Bedarf an Analysen hatten, diese jedoch nach den US-Normen durchgeführt haben wollten.

Unter den Männern der ersten Jahre, die mit viel Einfallsreichtum und Improvisationskunst, aber immer auf der Grundlage sorgfältigster chemischer Analytik den Betrieb der anorganisch-analytischen Abteilung (der sogenannten „Erzstation“) am Leben erhielten, sind in erster Linie Dr. A. EICHLER und Dr. F. MEYER-WILDHAGEN zu nennen. Dr. ARMIN EICHLER war seit April 1941 bei FRESENIUS tätig. Dr. MEYER-WILDHAGEN kam vom Deutschen Patentamt München und ist nach einigen Jahren wieder dorthin zurückgegangen. Während der schwierigsten Zeit haben sie dafür gesorgt, daß alles, was an anorganisch und technisch-analytischen Aufträgen hereinkam, mit wissenschaftlich gesicherten Methoden bearbeitet und untersucht wurde.

„Wie gerufen“, erschien 1948 mit OSKAR SAUTER ein Helfer in der Kapellenstraße, der, ganz ein Produkt jener unorthodoxen Jahre, eine erzählenswerte Karriere durchlaufen hat. Nach dem Abitur hatte er angefangen, Chemie zu studieren. Dann wurde er zur Wehrmacht einbezogen. Durch Verwundung frontuntauglich geworden, hat er bei einer pharmazeutischen Versorgungseinheit der Wehrmacht seine chemischen Grundkenntnisse genutzt und vervollständigt. Bei FRESENIUS fing er als Hilfsarbeiter (Laborwerker) an. Er konnte aber, mit Einverständnis der Leitung des Laboratoriums, neben seiner Tätigkeit in der Kapellenstraße sein Chemiestudium als Externer an der Universität Freiburg fortsetzen und abschließen und sogar noch den Doktorgrad erwerben. Auf diese Weise erhielt das LABORATORIUM FRESENIUS einen wissenschaftlichen Mitarbeiter mit solider praktischer Erfahrung, eine Kombination, die in jenen Jahren besonders gefragt war.

Die Arbeiten, die damals im chemisch-technischen Laboratorium anfielen, waren anfangs zu einem beträchtlichen Teil Aufträge der US-Army. Zu untersuchen waren Schiffsbodenlacke, Frostschutzmittel für Autokühler und hydraulische Bremsflüssigkeiten, Separatorfolien für Bleiakkumulatoren und ähnliche Stoffe, die bei einer technisch hervorragend ausgerüsteten, vollmotorisierten Truppe in hohem Maße verwendet wurden. Chromat und Arsen wurden in Holzschutzmitteln bestimmt. Schrott und Metallteile von Flugzeugen wurden ebenfalls analysiert (Alu-Legierungen).

Kurz gesagt, es gehörte schon sehr viel Flexibilität und Findigkeit dazu, mit den begrenzten Mitteln des Nachkriegslaboratoriums den Vorschriften der „US Army/Navy Specification" gerecht zu werden, deren Erfüllung Voraussetzung für die Abnahme der Analysen (und deren Bezahlung) und für neue Aufträge war. Bei diesen Arbeiten, bei denen gelegentlich auch improvisiert werden mußte, ohne daß dadurch die Richtigkeit der Analyse beeinträchtigt werden durfte, hat sich neben Dr. SAUTER vor allem GERHARD JUST ausgezeichnet. Kaum aus der Kriegsgefangenschaft zurück, hat er in einem der ersten Semester sein Chemotechniker-Examen abgelegt. Er hat sich bei diesen schwierigen Analysen durch eine besondere Begabung für unkonventionelle Problemlösungen ausgezeichnet. Sein Einfallsreichtum in der chemischen Analytik hat sich auch in den folgenden dreißig Jahren immer wieder neu bewährt.

Gelegentlich wurde die Bezahlung der Analysen für die Amerikaner durch Care-Pakete aufgestockt. Sie sind, das mag abschließend für jene Zeit und als anekdotischer Farbtupfer noch erzählt werden, wenn sonst niemand verfügbar war, von Dr. WILHELM FRESENIUS, heute Professor und Ehrenbürger der Stadt Wiesbaden, persönlich im Handkarren von der Ausgabestelle in der Gabelsbergerstraße abgeholt worden.

4. Die sechziger Jahre

4.1 Ausbau einer modernen Analytik

Voraussetzung für den Ausbau einer modernen Analytik war der Wiederaufbau der im Februar 1945 zerstörten Gebäude. Das Haus Kapellenstraße 13 war 1952 wieder aufgebaut. Im Neubau Kapellenstraße 15, der erst Anfang der sechziger Jahre bezogen werden konnte, ist neben Bibliothek und Redaktion der ZEITSCHRIFT FÜR ANALYTISCHE CHEMIE und mehreren Labors für das Unterrichtslaboratorium/Chemieschule auch ein radiochemisches Laboratorium eingerichtet worden. Hier wurden in den folgenden Jahren radiochemische Kurse nach den Richtlinien der Europäischen Atomenergie-Kommission durchgeführt. Die oberirdischen Atombombenversuche der Großmächte waren in vollem Gange, in Deutschland setzte man große Hoffnungen auf den Einstieg in die Atomenergie und Kernreaktorchemie. So war der Bedarf für eine radiochemische Ausbildung vorhanden. Daß die Möglichkeiten des radiochemischen Labors viele Jahre später, nach der Atomkatastrophe von Tschernobyl, besonders gefragt waren, sei hier nur kurz erwähnt.

Anfang der sechziger Jahre war die Zeit der Improvisationen endgültig vorbei. An die Stelle der herkömmlichen, konventionellen Analytik traten neue Verfahren, die im allgemeinen einen gegenüber den bisherigen Methoden erheblich grö-

ßeren instrumentellen Aufwand erfordern. Unter herkömmlicher Analytik in diesem Sinne versteht der Analytiker den qualitativen Nachweis und die Identifizierung einer Substanz auf Grund bestimmter Stoffeigenschaften durch z. B. gewichtsanalytische (gravimetrische) Bestimmung der Masse (Menge) einer Substanz in einer Probe (Wägung) oder, wenn die Substanz als Lösung vorliegt, deren volumetrische Titration. Als konventionell kann man auch noch einfache elektrometrische Verfahren wie Messung von Spannung(sänderungen) und der spezifischen elektrischen Leitfähigkeit einer Substanz in Lösung bezeichnen.

Instrumentelle Analysenmethoden, die auch schon vor dem Krieg und in den ersten Nachkriegsjahren breitere Anwendung gefunden haben, sind die schon mehrfach genannte Spektrographie/Spektrometrie (s. CZYSZ, W. 1988, S. 92), wobei man von „graphie" spricht, wenn die Intensität der emittierten Spektrallinien auf einer photographischen Platte ausgewertet wird, von „metrie", wenn man sie lichtelektrisch bestimmt. Und es gehört die Absorptions-Spektralphotometrie hierher, bei der anstelle der Emission von Lichtstrahlen deren Absorption, also der Verlust an Lichtintensität beim Durchgang der Strahlung durch eine Lösung gemessen wird.

Beide Methoden beruhen auf der Messung elektromagnetischer Strahlung. Auch die meisten neueren instrumentellen Methoden messen die von elektromagnetischen Schwingungen ausgehende (Licht)Strahlung oder deren Absorption. Es sind keine absoluten Methoden, denn man erhält erst auf indirektem Wege durch Eichen mit bekannten Mengen der zu analysierenden Substanz deren Konzentration in der unbekannten Probe. Dabei werden immer raffiniertere physikalische und elektronische Effekte ausgenutzt, um höhere Empfindlichkeiten und niedrigere Nachweisgrenzen für die zu bestimmenden Substanzen zu erreichen.

Die Anstöße zur Aufnahme dieser Entwicklung im CHEMISCHEN LABORATORIUM FRESENIUS kamen eigentlich stets von außen. Der wirtschaftliche Fortschritt und der wachsende technische Standard in der Bundesrepublik Deutschland führten dazu, daß von Seiten der Auftraggeber immer höhere Ansprüche an die Analytik des Laboratoriums gestellt wurden. Die Fragen wurden komplizierter, die Antworten erforderten umfangreichere Untersuchungen, die nur mit modernsten Geräten und Methoden durchzuführen waren. Dies war zugleich eine Herausforderung an die wissenschaftliche und technische Kompetenz der Mitarbeiter, der man sich zu stellen hatte, nicht anders, als es im 19. Jahrhundert bei anderen Fragestellungen gewesen war.

In dem nun folgenden kurzen Überblick über die etwa seit 1960 bis heute im Chemischen Laboratorium Fresenius (seit 1972 INSTITUT FRESENIUS – CHEMISCHE UND BIOLOGISCHE LABORATORIEN GMBH) entwickelten und praktizierten Analysenverfahren sollen keine methodischen Einzelheiten beschrieben werden. Sie müssen aber in knapper Form skizziert werden, weil sie

einen wesentlichen Bestandteil der Arbeit und damit auch der Geschichte des Laboratoriums ausmachen, die nur so verständlich wird.

Diese Zeit ist in ganz besonderem Maße mit der Arbeit eines Mitarbeiters des Laboratoriums verbunden: WILHELM SCHNEIDER, der, als Offizier aus dem Krieg zurückgekehrt, sich mit größtem Eifer in seine Ausbildung zunächst als Chemotechniker vertiefte. Schon sehr bald hat er dann in enger Zusammenarbeit mit Dr. WILHELM FRESENIUS, von dem er für seine fortschrittlichen methodischen Ansätze jede nur denkbare Unterstützung erhielt, die moderne Analytik bei FRESENIUS energisch vorangetrieben (Abb. 5).

Hierzu gehören in erster Linie chromatographische und atomspektrometrische Methoden, die bis auf den heutigen Tag das Rückgrat der Wasser-, Umwelt- und Spurenanalytik des INSTITUTES FRESENIUS bilden. Bei den oben als „herkömmlich" bezeichneten Methoden sind Konzentrationsbestimmungen im Bereich Gramm/Kilogramm (g/kg) und Milligramm/Kilogramm (mg/kg) das übliche. Die etwa ab 1960 eingesetzten chromatographischen und atomspektrometrischen Methoden erlaubten das Vordringen in die Dimension Mikrogramm/Kilogramm (μg/kg) bzw., setzt man an die Stelle der Bezugsgröße Kilogramm das Gramm (geringere Probemengen), Nanogramm/Gramm (ng/g) oder 1×10^{-9} bzw. 0,000 000 001 g/g (parts per billion = ppb).

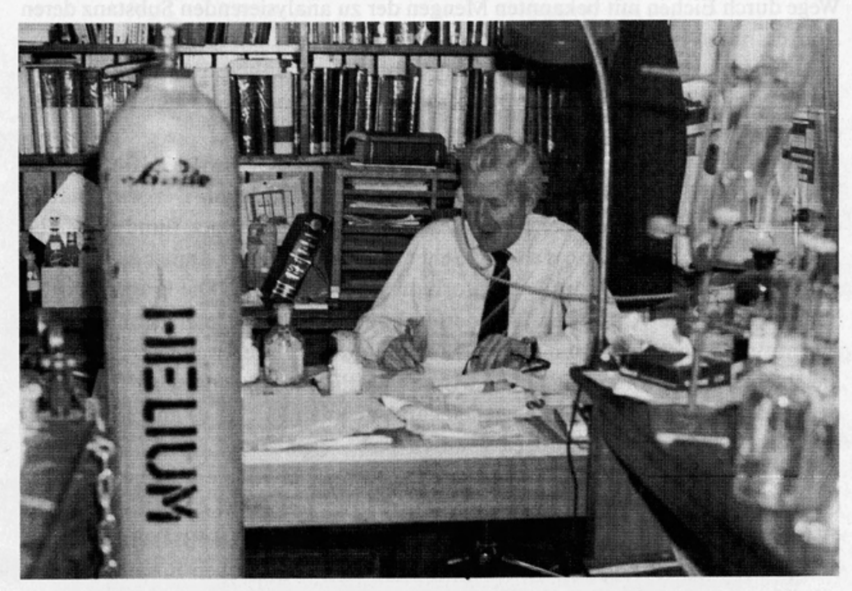


Abb. 5: Laboratoriumsleiter WILHELM SCHNEIDER (Photo 1973)

Grundlage der Chromatographie, die in der Form von Papier-, Dünnschicht-, Säulen-(Flüssigkeits-) und Gas-Chromatographie Verwendung findet, ist ein ganz einfacher Vorgang, den jeder Laie sich leicht veranschaulichen kann. Es handelt sich um Adsorptions- und Kapillarkräfte, die z. B. bei der Ausbreitung eines Tinten- oder Farblösungsflecks auf gewöhnlichem Löschpapier (oder auch auf einer Tischdecke) sichtbar werden. Substanzen, deren Moleküle sich mit den Cellulosefasern des Löschpapiers mehr oder weniger stark assoziieren, wandern auf dem Papier aus der Mitte des Flecks langsamer oder schneller nach außen. Diese Stoffeigenschaften bewirken einen Trenneffekt, der, vereinfacht gesagt, die Basis aller chromatographischen Verfahren darstellt.

Im LABORATORIUM/INSTITUT FRESENIUS boten sich für die Lebensmittel- und Naturstoffanalytik zunächst einmal die papier- und dünnschicht-chromatographische Analyse an. Diese Entwicklung wurde unter der Leitung von Dr. REMIGIUS E. FRESENIUS, Urenkel des Gründers, der seit 1961 nach abgeschlossenem Studium in das Laboratorium eingetreten war, in Gang gesetzt. Später kamen Säulen- und Gas-Chromatographie hinzu. Neben der Lebensmittelanalytik wurden diese beiden vielseitig anwendbaren Techniken für die allmählich immer stärker in den Vordergrund tretenden Umweltanalysen eingesetzt. Ganz besonders gilt das für die Gas-Chromatographie. Sie ist eine Methode zur Trennung von komplexen Stoffgemischen. Flüssige und feste Stoffe müssen jedoch so geartet sein, daß man sie in einen gasförmigen Zustand überführen kann.

In der Gas-Chromatographie tritt an die Stelle des Papiers bzw. der Dünnschichten eine Säule von 1–6 m Länge und 2–4 mm innerem Durchmesser aus rostfreiem Stahl oder Glas, deren Innenraum mit geeigneten Sorptionsmitteln gefüllt ist (gepackte Säulen). Daneben gibt es die sogenannten Kapillarsäulen, die bis zu 50 m lang sind (bei einem Innendurchmesser von 0,3 mm). An den Sorptionsmitteln der gepackten Säulen (und an der Innenwand der leeren oder an der Innenwand mit einem dünnen Film einer die Trennung unterstützenden Flüssigkeit benetzten Kapillarsäulen) werden ähnliche Adsorptions- und Kapillarkräfte wirksam wie in der Papier- und Dünnschicht-Chromatographie (Abb. 6).

Getrennt werden Gemische von Molekülen von unterschiedlicher Größe und mit unterschiedlichen Stoffeigenschaften. Sie tauchen im Strom eines chemisch inerten Trägergases (im allgemeinen ein Edelgas oder Stickstoff), sortiert nach Größe oder anderen spezifischen Eigenschaften, zeitlich getrennt am Ende der Säule auf und werden dort durch geeignete Detektoren als „Peaks“ (Spitzen) erfaßt und auf Schreiberpapier als „Chromatogramm“ sichtbar gemacht.

Wegen ihrer Länge sind die „Säulen“ spiralig aufgerollt. Sie können auf diese Weise besser im Gehäuse des Gaschromatographen untergebracht werden. Das

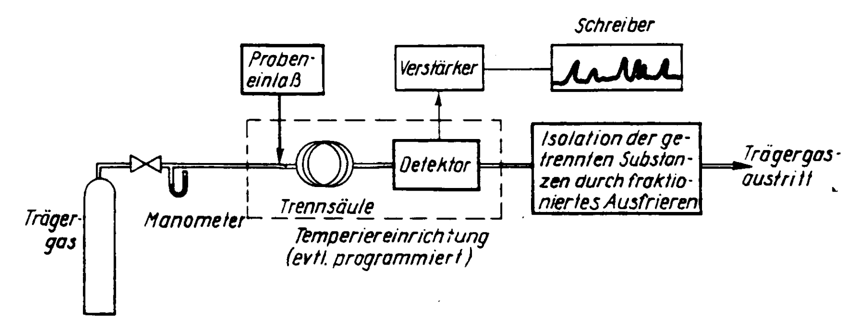


Abb. 6: Schemaskizze eines Gaschromatographen mit Probeneinlaß, Säule, Detektor und Schreiber

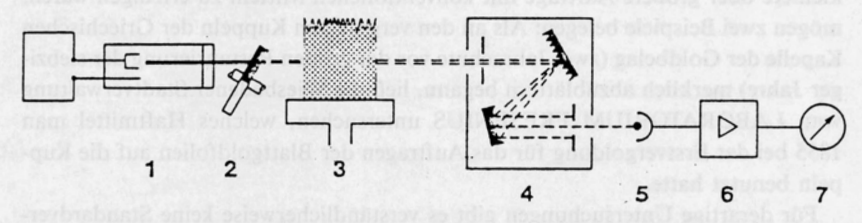
Gehäuse ist heizbar. Dadurch lassen sich die Trennbedingungen durch unterschiedliche Temperaturen (von der Raumtemperatur bis über 250 °C) zusätzlich variieren. Eine weitere Variationsmöglichkeit besteht in unterschiedlichen Strömungsgeschwindigkeiten des Trägergases. Diese technischen Kniffe, die damit noch nicht vollständig aufgezählt sind, dienen dazu, die Leistungsfähigkeit gaschromatographischer Trennungen zu erhöhen.

4.3 Atomabsorptions-Spektrometrie

Die zweite absolute Neuerung, die die Analytik, auch im LABORATORIUM FRESENIUS, revolutioniert hat, ist die Atomabsorptions-Spektrometrie (AAS). Während in der Spektralphotometrie monochromatische Lichtstrahlen (einer bestimmten Wellenlänge) beim geradlinigen Durchtritt durch eine gefärbte Lösung von Salzen, Säuren oder anderen Verbindungen absorbiert werden (wobei der Strahlungsverlust der Konzentration des gelösten Stoffes proportional ist), wird bei der AAS der Intensitätsverlust atomarer Strahlung beim Durchtritt durch ein Medium, in dem Atome desselben Elementes enthalten sind, registriert und daraus die Konzentration der Atomspezies bestimmt (Abb. 7).

Grundlage ist das KIRCHHOFFsche Strahlungsgesetz, nach dem freie Atome eines Elementes, die sich im Grundzustand befinden, beim Übergang in den ersten angeregten Zustand Lichtenergie derselben Wellenlänge absorbieren, die sie bei der Rückkehr in den Grundzustand selbst ausstrahlen. Die freien Atome müssen für den Meßvorgang durch Energiezufuhr erzeugt werden. Geschieht das in einer Gasflamme, spricht man von Flammen-AAS, werden die freien Atome in einem hocherhitzten Graphitofen erzeugt, nennt man die Variante Graphitofen-AAS. Das leicht verdampfbare Quecksilber wird mit der sogenannten Kaltdampftechnik erfaßt.

Damit soll es genug sein. Der Leser sollte nur einen Eindruck davon erhalten, welche neue analytische Methodik sich in den Jahren 1960–1980 und danach im LABORATORIUM/INSTITUT FRESENIUS entwickelt hat. Selbstverständlich werden auch noch andere Methoden eingesetzt, z. B. Flammenphotometrie, UV- und IR-Spektroskopie, NMR- (kernmagnetische Resonanz)-, Röntgenfluoreszenz- und Massenspektrometrie sowie elektroanalytische Methoden (Polarographie, Voltammerie, Coulometrie). Neuerdings setzt sich die Atomemissions-Spektrometrie mit Anregung im induktiv gekoppelten Plasma, kurz ICP-AES, als sehr wirtschaftlich arbeitende Multielement-Methode durch. Gegenwärtig werden etwa zwei Drittel aller chemischen Analysen mit einer chromatographischen oder atomspektrometrischen Methode durchgeführt, wobei unter den chromatographischen Methoden die sogenannte Hochdruck-Flüssigkeits-Chromatographie (HPLC = High-Pressure Liquid Chromatography) neben der Gas-Chromatographie mehr und mehr an Bedeutung gewinnt.



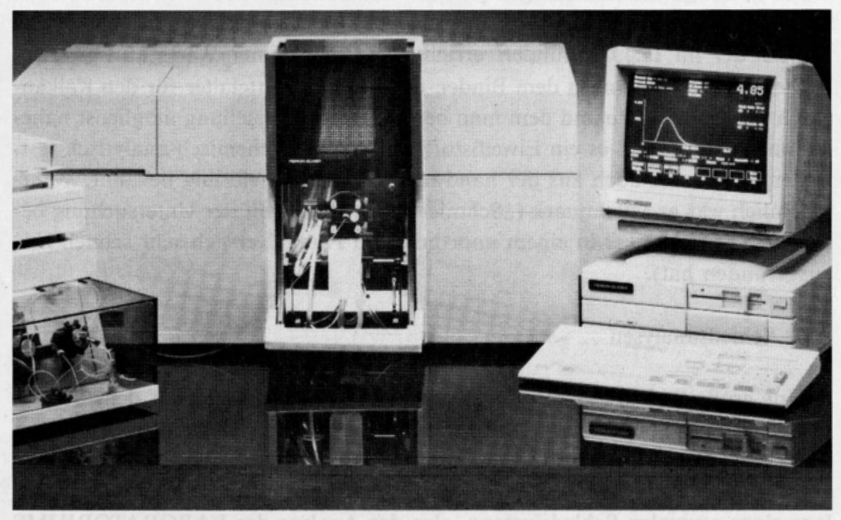


Abb. 7: Atomabsorptions-Spektrometer: oben: Schemaskizze: 1 Lichtquelle (Hohlkathodenlampe); 2 Blende; 3 Flamme; 4 Monochromator; 5 Detektor; 6 Verstärker; 7 Anzeige. Unten: Photo eines Gerätes

4.4 Analysen-Alltag

Man kann die sechziger Jahre, in denen die skizzierten Analysenmethoden sich durchgesetzt haben, als Jahre des Lernens, des Aneignens und der immer besseren Beherrschung dieser neuen Untersuchungstechniken bezeichnen. Nicht, daß instrumentelle Methodenforschung als solche eine besondere Rolle gespielt hätte. Für „freie Forschung" fehlte es meistens an den notwendigen Mitteln. Zur Erledigung der immer komplexeren Kundenaufträge war jedoch die sichere und zuverlässige Beherrschung der Methodik eine unverzichtbare Voraussetzung.

4.4.1 Griechische Kapelle und Erbenheimer Warte

Daß neben den Bemühungen, mit der rasanten Entwicklung der hochspezialisierten Instrumentenanalytik Schritt zu halten, nach wie vor auch „handfeste" kleinere oder größere Aufträge mit konventionellen Mitteln zu erledigen waren, mögen zwei Beispiele belegen: Als an den vergoldeten Kuppeln der Griechischen Kapelle der Goldbelag (zwei Jahrzehnte vor der großen Restaurierung der siebziger Jahre) merklich abzublättern begann, ließ die Wiesbadener Stadtverwaltung vom LABORATORIUM FRESENIUS untersuchen, welches Haftmittel man 1855 bei der Erstvergoldung für das Auftragen der Blattgoldfolien auf die Kuppeln benutzt hatte.

Für derartige Untersuchungen gibt es verständlicherweise keine Standardverfahren. Das Problem wurde aber ebenso gelöst wie ein ähnliches, das beim Neuverputz der im 15. Jahrhundert errichteten Erbenheimer Warte auftrat. Hier stellte sich die Frage nach dem Binder, den man im Mittelalter für den Kalkanstrich verwendet hatte und dem man bei der Wiederherstellung möglichst nahekommen wollte. Daß es ein Eiweißstoff war, ließ sich chemisch-analytisch feststellen – und war auch aus der handwerklichen Überlieferung bekannt. Wahrscheinlich war es Milchquark („Schmierkäs", wie der mit der Untersuchung befaßte Chemotechniker in einem unorthodoxen Parallelversuch sehr schnell herausgefunden hat).

4.4.2 Schiedsanalysen

Eine große Bedeutung hatten damals auch Schiedsanalysen aus dem Bereich der Eisen- und Stahlindustrie. Überwiegend waren es Analysen von Eisenerzen aus Kiruna/Schweden und Brasilien, Braunstein aus Marokko oder Nickel-Matte aus Finnland, deren Kaufpreis zwischen Lieferanten und Käufer auf der Grundlage einer neutralen Schiedsinstanz, also der Analyse des LABORATORIUMS FRESENIUS, vertraglich vereinbart wurde. Der Preis war abhängig z. B. vom Eisen-, Mangan-, Chrom- oder Nickelgehalt des betreffenden Erzes. Dabei han-

delte es sich zuweilen um mehrere Tausend oder Zehntausend Tonnen Erz, die in Schiffen verladen waren. Die Probenahme wurde vor Ort von den Probenehmern des Laboratoriums nach einem genau festgelegten Verfahren durchgeführt. Das war, um es realistisch auszudrücken, eine Knochenarbeit, die hohen physischen Einsatz, große Sachkenntnis und viel Geschicklichkeit erforderte.

4.5 Fortschritte der Wasseranalyse

Die Bestimmung von Elementen in Wässern schuf, wie schon in früheren Jahren, auch hier wieder den Einstieg in die neuen instrumentellen Techniken. Bei der spektralphotometrischen Bestimmung von Arsen in Mineralwässern (FRESENIUS, W. & W. SCHNEIDER 1964) und der Bestimmung von Eisen(II) und Gesamteisen, ebenfalls in Mineralwässern (FRESENIUS, W. & W. SCHNEIDER 1965a), handelt es sich zwar „nur" um Verbesserungen bekannter Methoden. Doch ist die Adaption an die Mineralwasseranalysen immer eine eigenständige Leistung, weil es hier in erster Linie auf die Ausschaltung von Störungen durch zahlreiche begleitende Anionen und Kationen ankommt. So lag die Schwierigkeit der Arsenanalyse darin, daß die anderen Inhaltsstoffe in einem mehr als 10^6fachen Überschuß vorkommen, während die Arsenmengen sich zwischen wenigen Mikrogrammen bis Milligrammen im Liter bewegen.

Gegenüber der nach den Deutschen Einheitsverfahren bis dahin gebräuchlichen gewichtsanalytischen Bestimmung der Kieselsäure SiO_2 in Wasser und Mineralwasser, über die schon von 1932 eine Arbeit aus dem CHEMISCHEN LABORATORIUM FRESENIUS vorliegt (FRESENIUS, L. 1932), bedeutete das von W. SCHNEIDER ausgearbeitete spektralphotometrische Verfahren einen großen methodischen Fortschritt (FRESENIUS, W. & W. SCHNEIDER 1965b). Es ist bis heute „Stand der Technik" und nicht durch ein besseres Verfahren für Routinebestimmungen ersetzt. Es kann nach vorhergehendem Aufschluß auch zur SiO_2-Bestimmung in Schwerspat, Chromerz, Bauxit und Eisenerz verwendet werden.

Die Magnesiumbestimmung in Mineralwässern hat ihre jedem Analytiker bekannten Tücken. Deshalb wurde versucht, dieses Element „mit der Methode der Atomabsorption" (FRESENIUS, W., W. SCHNEIDER & K. MACHNER 1966) zu erfassen. Daß solche Arbeiten oft große Versuchsreihen erfordern und auch nicht immer auf Anhieb zu den gewünschten Erfolgen führen, zeigt gerade diese Arbeit. In ihr heißt es: „Etwa 50% der Meßwerte liegen (zwar) in brauchbarer Übereinstimmung mit den gravimetrischen bzw. komplexometrischen Werten. (...) Hohe Gehalte an Sulfat-, Nitrat- und Phosphat-Ionen wirken sich jedoch störend aus. Das Verfahren kann deshalb (...) nur bedingt als geeignet bezeichnet werden."

Standardmethode blieb nach wie vor das gewichtsanalytische Verfahren, das zwar zuverlässig war, aber methodisch inzwischen als „steinzeitlich“ galt. Ähnlich war es beim Calcium, das praktisch überall zusammen mit Magnesium vorkommt und zu bestimmen ist. Um hier einen Fortschritt zu erzielen, wurde in Zusammenarbeit mit Dr. THIELICKE, Chemiker im Hessischen Landesamt für Bodenforschung in Wiesbaden, ein „Komplexometrisches (chelatometrisches) Verfahren zur Bestimmung von Calcium und Magnesium mit elektrometrischer Indikation in Wässern“ ausgearbeitet, das an etwa 100 vergleichenden Mineral- und Heilwasseranalysen erprobt wurde (FRESENIUS, W., W. SCHNEIDER & G. THIELICKE 1974). Mit einer im LABORATORIUM FRESENIUS entwickelten röntgenfluorescenzspektrometrischen Methode gelang es, Bariumgehalte noch bis zu 0,01 mg/kg und Thalliumspuren bis 0,005 mg/kg in 1 Liter Mineral- oder Heilwasserprobe zu bestimmen (FRESENIUS, W. & W. SCHNEIDER 1974b).

5. Umzug nach Taunusstein-Neuhof

5.1 Der Neubau des Instituts Fresenius

1972–1975 begann eine neue Aera für das CHEMISCHE LABORATORIUM FRESENIUS. 1972 wurde die schon genannte GmbH gegründet. Im gleichen Jahr begannen konkrete Planungen für einen Neubau in Taunusstein, der 1975 bezogen wurde. Die in Wiesbaden oft gestellte Frage, warum das in dieser Stadt gegründete und zu einem renommierten Aushängeschild mit weltweitem Bekanntheitsgrad gewordene Unternehmen seinen Sitz nach Taunusstein verlegt hat, ist einfach zu beantworten.

Die dringend notwendige Erweiterung ließ sich bei den gegebenen örtlichen Verhältnissen zwischen Kapellenstraße und Dambachtal nicht verwirklichen. Das 1970 erworbene Haus Dambachtal 20, das wegen seiner Jugendstil-Fassade im Denkmalbuch der Stadt Wiesbaden eingetragen ist, schuf kaum eine Entlastung. Räumlich besser strukturierte Neubauten am alten Platz hätten den Abriß der vorhandenen Laboratoriumsgebäude erforderlich gemacht. Das hätte jedoch die Unterbrechung des laufenden Laboratoriumsbetriebes für mindestens zwei Jahre bedeutet, war also unmöglich. Der ebenfalls erwogene Gedanke, in die Höhe zu gehen, die alten Gebäude aufzustocken, wurde schnell verworfen, da denkmalpflegerische Auflagen in der Kapellenstraße dem entgegenstanden.

Da sich im Gebiet der Stadt Wiesbaden auch an anderer Stelle kein geeignetes Areal unter finanziell realistischen Bedingungen fand, blieb keine andere Wahl, als ins Umland auszuweichen. Dieser Entschluß hat sich heute, knapp zwanzig Jahre später, in zweifacher Hinsicht als richtig erwiesen. Die inzwischen notwendig gewordene Erweiterung (neues Verwaltungsgebäude 1988) wäre in Wiesbaden



Abb. 8: Institut Fresenius: der Neubau in Taunusstein; rechts: das neue Verwaltungsgebäude (1988)

wesentlich schwerer zu verwirklichen gewesen. Zudem ist die Luft im vorderen Taunus deutlich weniger verunreinigt (kontaminiert) als im Gebiet der Großstadt Wiesbaden; ein Vorteil, der angesichts der im INSTITUT FRESENIUS heute zur täglichen Routine gehörenden Ultraspurenanalytik von nicht zu unterschätzender Bedeutung ist. Der Umzug nach Taunusstein hat es außerdem ermöglicht, die Räumlichkeiten in der Kapellenstraße insgesamt für die FACHHOCHSCHULE/CHEMIESCHULE FRESENIUS zu nutzen (Abb. 8).

5.2 Neue Strukturen

Die Geschichte des CHEMISCHEN LABORATORIUMS/INSTITUT FRESENIUS ist nun an einem Punkt angekommen, an dem sie in die Gegenwartsbeschreibung einmündet. Aus diesem Grund muß das Konzept der Darstellung eine gewisse Änderung erfahren. Die handelnden Personen sind im wesentlichen die gleichen, die heute noch aktiv sind. Die Analysen, die für öffentliche und private Auftraggeber bearbeitet werden, unterliegen in vielen Punkten einem verständlichen Datenschutz. Es muß also noch mehr als in der bisherigen Beschreibung berücksichtigt werden, daß derartige Gesichtspunkte genauestens zu beachten sind. Die richtige Gewichtung noch nicht abgeschlossener Entwicklungen ist nur mit Vorbehalten möglich. Es soll dennoch versucht werden, die neueren, sowohl naturwissenschaftlich als auch vom Standpunkt des modernen Umweltschutzes besonders interessanten Aufgabenstellungen verständlich darzustellen.

Umweltschutz ist wohl die wichtigste Herausforderung, vor die der Mensch der Gegenwart gestellt ist. Und Umweltanalytik ist ein zentrales Arbeitsgebiet des INSTITUTES FRESENIUS seit dem Umzug nach Taunusstein. Unter der kaufmännischen Leitung von LUDWIG FRESENIUS, der seit der Umwandlung in die „INSTITUT FRESENIUS CHEMISCHE UND BIOLOGISCHE LABORATORIEN GMBH" zusammen mit seinem Vater Professor Dr. WILHELM FRESENIUS und dessen Vetter Dr. REMIGIUS E. FRESENIUS in die Geschäftsführung eingetreten ist, hat die Struktur des Untersuchungslaboratoriums als eines gegenüber allen Umweltfragen aufgeschlossenen und engagierten Unternehmens eine deutliche Veränderung erfahren (Abb. 9).

Die bis dahin praktizierte Auftragsanalytik hat nicht nur an Umfang zugenommen, sie war ohne begleitende wissenschaftliche Forschung nicht mehr in der erforderlichen Qualität zu leisten. Entsprechend ist dieser Tätigkeitsbereich ausgebaut worden. Er nimmt heute einen bedeutenden Platz im Gesamtkonzept des Unternehmens ein. In der Zusammenarbeit qualifizierter Chemiker, Mikrobiologen und Geoökologen, ergänzt durch Fachleute auf dem Gebiet der Geologie und Geochemie, Chemometrie und Computertechnik, ist ein hoher Leistungsstandard erreicht worden. Hier erhalten Absolventen der Fachhochschule Wiesbaden, Fachrichtung Chemie, praxisorientierte Themen für Diplomarbei-



Abb. 9: Die Geschäftsführer (v.r.) Professor Dr. WILHELM FRESENIUS, LUDWIG FRESENIUS, Dr. REMIGIUS E. FRESENIUS. Mitte rechts: BIRGIT FRESENIUS (Chemieschule Fresenius)

ten. Gleichzeitig gibt es Doktoranden, die in Taunusstein die Möglichkeit erhalten, den praktischen Teil ihrer Dissertation durchzuführen. Ihre Arbeiten beziehen sich überwiegend auf umweltorientierte Fragestellungen, die sich nahtlos in die eigene Forschung des Institutes einfügen.

Schon diese Anforderungen allein lassen den Neubau eines nach modernsten Gesichtspunkten eingerichteten Laboratoriums im Nachhinein als unerläßlich erscheinen. In Taunusstein wurden auf einer gegenüber der Wiesbadener Kapellenstraße um ein Mehrfaches vergrößerten Fläche Arbeitsräume geschaffen, die hinsichtlich Raumaufteilung und Ausstattung auf die jeweiligen Funktionen zugeschnitten sind. Dazu kamen ein leistungsfähiges Schreibbüro, Räume für die Verwaltung, Registratur und Bibliothek sowie die Redaktion der inzwischen unter einem erweiterten Titel erscheinenden „FRESENIUS ZEITSCHRIFT FÜR ANALYTISCHE CHEMIE“.

Die organisatorische Gliederung des Laboratoriums, das von Direktor WILHELM SCHNEIDER (bis zu dessen altersbedingtem Ausscheiden 1985) geleitet wurde, nahm durch das Hinzukommen neuer Arbeitsgebiete und praxisbedingte Umgruppierungen erst allmählich die Gestalt an, die sie gegenwärtig hat. Es gibt die Anorganisch-analytische Abteilung, der das ursprünglich selbständige Wasserlabor angegliedert ist. Methodisch wird hier außer mit konventioneller Analytik mit Spektralphotometrie, Atomabsorptions-, ICP-Emissions- und Röntgenfluorescenz-Spektrometrie sowie optischer Emissions-Spektralanalyse gearbeitet. Die meisten Geräte sind mikroprozessorgesteuert und automatisierbar; die Auswertung erfolgt über EDV. Geleitet wird die Abteilung von Chemieingenieur HEINZ GORBAUCH.

Das Arbeitsgebiet der anfangs als „Gas-Chromatographie/GC" eingerichteten Abteilung, die sich überwiegend mit organischer Spurenanalytik befaßt, hat sich in den letzten Jahren derart vergrößert, daß die Arbeit nur in zwei Schichten mit vollautomatischem Betrieb rund um die Uhr zu bewältigen ist. Die erst vor wenigen Jahren zur Anwendungsreife entwickelte Kombination aus Gas-Chromatographie und Massenspektrometrie (GC-MS) wird in dieser Abteilung im täglichen Routinebetrieb eingesetzt. Zusätzlich steht für besonders schwierige Fragestellungen, Ultraspuren (bis 10^{-15} molare Konzentrationen) und die Untersuchung von hochmolekularen Biomolekülen ein (Felddesorptions-)massenspektrometrisches Forschungsgerät zur Verfügung.

Weitere selbständige Abteilungen sind das unter der Regie des inzwischen vom Hessischen Minister für Wissenschaft und Kunst zum Professor ernannten Dr. REMIGIUS E. FRESENIUS stehende Lebensmitteluntersuchungslabor, dem schon 1964 das renommierte Frankfurter Untersuchungslaboratorium Dr. POPP angeschlossen worden war, die Chemisch-Technologische Abteilung und die Mikrobiologie. Ein umfangreicher Außendienst erledigt die Probenahme einschließlich der fachlichen Beratung und Untersuchungen vor Ort, z. B. von Lebensmittel- und Brunnenbetrieben, Wassergewinnungsanlagen, Kläranlagen, aber auch Hygiene-Checks und umfangreichere bakteriologische Untersuchungen in Kaufhäusern, Handelsketten und Schwimmbädern, von Badestränden an Nord- und Ostsee und am Mittelmeer.

Eine eigene „Chemisch-technische Abteilung" befaßt sich unter der Leitung von Dr. MANFRED SIETZ mit Qualitätsprüfungen (Warenuntersuchungen) verschiedenster Art. Überwiegend sind es Gegenstände des täglichen Bedarfs, kosmetische Produkte, Körperpflegemittel, Haushaltsprodukte und -geräte. Sie werden sowohl auf ihre gesundheitliche Unbedenklichkeit als auch Umweltverträglichkeit getestet. Ob zum Beispiel ein Farblack oder ein Bodenreiniger für den Menschen schädliche organische Lösemittel an die Raumluft abgibt, ob Wasch- und Geschirrspülmittel oder Klosettreiniger Stoffe enthalten, die mit dem Abwasser in Kläranlagen gelangen und dort zu unerwünschten Nebeneffekten führen. Mit dem Problem der „Substitution von Asbest" bei der Fein- und Sterilfiltration von Flüssigkeiten, vorzugsweise Lebens- und Arzneimitteln, haben sich Mitarbeiter im Rahmen eines Projektes

„Humanisierung des Arbeitslebens" befaßt (FISCHER, G. & W. SCHNEIDER 1986).

Eine genauere Aufgabenzuordnung innerhalb dieser hier nur andeutungsweise erfaßten Arbeitsgebiete ist nicht möglich, weil die gegenseitigen Verknüpfungen scharfe Abgrenzungen nicht zulassen. Hinzu kommen zahlreiche Auslandsaktivitäten, die in eigener Regie oder in Verbindung mit der GESELLSCHAFT FÜR TECHNISCHE ZUSAMMENARBEIT (GTZ) überwiegend von einer Tochtergesellschaft, „FRESENIUS CONSULT GMBH" (Leitung Dr. H. H. RUMP), wahrgenommen werden.

6. Forschungsschwerpunkte – Teil I

6.1 Die Wiesbadener Thermalquellen

6.1.1 Situation nach 1945

Bei aller zukunftsorientierten Technologie sind Tradition und Kontinuität immer ein besonderes Kennzeichen des CHEMISCHEN LABORATORIUMS FRESENIUS gewesen. Deshalb muß am Anfang der Forschungsberichte, die nun die chronologische Beschreibung der Geschichte des INSTITUTS FRESENIUS ergänzen soll, eine Aktivität stehen, die an die frühesten Arbeiten des Laboratoriums und seines Gründers anknüpft. Mit der Untersuchung der chemischen Zusammensetzung und Konstanz der Wiesbadener Thermalquellen hat alles angefangen. Die meisten dieser Arbeiten sind in den JAHRBÜCHERN des NASSAUISCHEN VEREINS FÜR NATURKUNDE seit 140 Jahren in regelmäßigen Abständen veröffentlicht worden (CZYSZ, W. 1988, S. 90).

Diese Arbeiten wurden nach dem Zweiten Weltkrieg fortgesetzt. Die Chance bot sich, als das Kurviertel der Stadt Wiesbaden, das mehr als alle anderen Stadtteile durch den Krieg zerstört worden war, wieder aufgebaut werden sollte. Weil überall dort, wo aus bautechnischen Gründen die dünne geologische Decke nur in geringem Maße verletzt wird, neue (Sekundär-)Quellen hervortreten und damit die Gefahr von unkontrolliertem Abfluß von Heilwasser entsteht, wurde beschlossen, die wichtigsten Quellen durch Neubohrung und Verrohrung in größere Tiefen, als mit den bisherigen Tümpelfassungen erschlossen waren, zu sichern.

Bei diesen Arbeiten konnte man auf die Erfahrungen des CHEMISCHEN LABORATORIUMS FRESENIUS ebenso wenig verzichten wie auf das Wissen der Geologen. Für die Wiesbadener Thermen war es der langjährige Vorsitzende des NASSAUISCHEN VEREINS FÜR NATURKUNDE, Professor Dr. FRANZ MICHELS, Direktor des HESSISCHEN LANDESAMTES FÜR BODENFOR-

SCHUNG. Die Zusammenarbeit dieser beiden Institutionen hat in zahlreichen Schriften wie „Lage, Geologie und Chemie der Wiesbadener Heilquellen" (MICHELS, F. & W. FRESENIUS 1958) ihren Niederschlag gefunden. Personell fand diese Zusammenarbeit ihren besonderen Ausdruck in der gemeinsamen Arbeit von F. MICHELS und W. FRESENIUS in der Wiesbadener Thermalkommission. Ihr gehörten MICHELS als Hydrogeologe und FRESENIUS als Mineralquellen-Chemiker an; Berghauptmann GRAF war für Fragen des Quellrechtes zuständig.

FRANZ MICHELS hat nach dem Zweiten Weltkrieg Untersuchungen zur Klärung der geologischen Situation der Wiesbadener Thermalquellen als Voraussetzung für Neubohrungen durchgeführt. Die Beteiligung des LABORATORIUMS FRESENIUS war notwendig, weil Salzgehalt, chemische Zusammensetzung und hygienisch einwandfreie Beschaffenheit der Wässer ständig kontrolliert werden mußten. Die Untersuchungen von REMIGIUS FRESENIUS (1850, 1891, 1894), von E. HINTZ und L. GRÜNHUT (1907), L. FRESENIUS (1927, 1929, 1931, 1935) sowie von L. und R. FRESENIUS (1936) hatten die erforderlichen Grundlagen geschaffen.

6.1.2 Die chemische Zusammensetzung der Thermen

1891 hatte R. FRESENIUS (JAHRBUCH DES NASSAUISCHEN VEREINS FÜR NATURKUNDE, Band **43**) die Daten folgender Quellen in der Reihenfolge ihres Chlornatrium(Kochsalz)-Gehaltes zusammengestellt: Kochbrunnen (6,829 g/68,75 °C), Badhaus Vier Jahreszeiten (6,819 g/57,5 °C) („die nicht gut zugängliche Quelle liegt etwa 300 Schritte von dem Badhause entfernt"), Spiegel-Quelle (6,807 g/66,2 °C), Quelle in der Wilhelms-Heilanstalt (6,731 g/40,14 °C), Quelle im Badhaus zum Goldenen Brunnen (6,726 g/64,0 °C), Quelle im Haus Goldgasse 6 (6,705 g/51–52 °C), Schützenhofquelle (5,154 g/49,2 °C), kleine Schützenhofquelle (5,138 g/45,2 °C), Faulbrunnen 3,227 g/14,0 °C).

In 6 Tabellen werden die 9 Quellen nach ihrem Gehalt an Chlorcalcium ($CaCl_2$), schwefelsaurem Kalk ($CaSO_4$), doppelt kohlensaurem Kalk ($CaCO_3$), doppelt kohlensaurer Magnesia ($MgCO_3$), doppelt kohlensaurem Eisenoxydul ($Fe(HCO_3)_2$) und völlig freier Kohlensäure (CO_2) geordnet. Dabei zeigt sich, daß diese Reihe nicht mit der nach dem NaCl-Gehalt geordneten Reihenfolge identisch ist. Bemerkenswert ist ferner, daß sich nach dem Gehalt an gelöster Kohlensäure folgende Reihe ergibt: Spiegel-Quelle (0,041 Gewichts-%), Goldener Brunnen (0,037%), Wilhelms-Heilanstalt (0,033%), Faulbrunnen (0,033%), Schützenhof (0,031%), Kochbrunnen (0,03%), kleine Schützenhofquelle (0,029%), Goldgasse Nr. 6 (0,025%) und Badhaus Vier Jahreszeiten (0,0206%).

Über die Herkunft der Kohlensäure schreibt MICHELS, sie sei „aus ersterbenden, in der Tiefe lagernden Vulkanherden zu erklären (in der Umgebung von Wiesbaden sind zahlreiche Durchschlagsröhren junger Tertiärvulkane bekannt)".

Demgegenüber sei „die Hauptmasse des Wassers Niederschlagswasser, das auf Spaltensystemen in große Tiefen gelangen kann und dort erwärmt wird." Die gelösten Salze, so werde auch heute noch angenommen, kämen überwiegend aus den unter dem Vogelsberg und östlich davon vorhandenen Zechsteinsalzlagerstätten, in die das Spaltensystem des Taunussüdrandes in seiner östlichen Verlängerung hineinreicht (MICHELS, F. 1954). Ähnliche Verhältnisse in bezug auf die Herkunft von Kohlendioxid und Mineralsalzen wurden kürzlich für die „Thermal- und Mineralwässer der Eifel" beschrieben (FRESENIUS, W. & H. KUSSMAUL 1985).

Freilich liefert der Vergleich zwischen den 9 Quellen nach Ansicht von Prof. R. FRESENIUS (1891) Kombinationsmöglichkeiten, die noch eine Reihe von Fragen aufwerfen: „Am meisten Interesse bietet die Frage, wie die Verschiedenheit der auf so eng begrenztem Raume zu Tage tretenden Wiesbadener Thermen aufzufassen sei. Bei einer sich nicht auf Zahlen stützenden Betrachtung liegt die Erklärung nahe, in der Tiefe sei *ein* Reservoir vorhanden, aus welchem alle Quellen gespeist würden, und die Verschiedenheit beruhe darauf, dass die eine Quelle, der an Chlornatrium reichste Kochbrunnen, das Wasser dieses Reservoirs unverdünnt liefere, die anderen aber Mischungen dieses Wassers mit grösseren oder kleineren Mengen gewöhnlich süssen Wassers."

Die von R. FRESENIUS angestellten Überlegungen sollen hier nicht weiter verfolgt werden. Festzuhalten ist aber die Schlußfolgerung: „Die einzelnen Thermalquellen Wiesbadens, oder mindestens nicht wenige derselben, sind somit als verschiedene Auslaugungsproducte der Chlornatrium und die anderen Bestandtheile enthaltenden Gebirgsschichten zu betrachten, welche man sich über- oder nebeneinander gelagert denken kann."

„Dass diese Auslaugungsprozesse in grosser Tiefe erfolgen, – ergibt sich aus der hohen Temperatur der Quellen, und dass sie sich in grossartigem Maßstabe vollziehen, muss aus der Thatsache abgeleitet werden, dass die Quellen seit Jahrtausenden zu Tage treten und ihren Gehalt – wenigstens im Zeitraume von Decennien – nicht wesentlich ändern. Ob sich in der Tiefe Reservoirs gebildet haben, auf welche die Constanz in der Ergiebigkeit der Quellen hindeutet (WINTER, E. 1880), lässt sich aus der chemischen Beschaffenheit derselben nicht wohl feststellen."

6.1.3 Die Neufassung der Quellen

Dieser kurze Auszug aus den Untersuchungen des LABORATORIUMS FRESENIUS läßt deutlich erkennen, daß die Geologie des Wiesbadener Untergrundes in einem sich wechselseitig erschließenden Zusammenhang mit der Zusammensetzung (und Temperatur) der Quellen steht. Die Überlegungen des Chemikers R. FRESENIUS waren, wie die Zitate belegen, gar nicht weit entfernt von den

Erkenntnissen des Geologen F. MICHELS, die dieser nach dem Krieg zuerst in einem Vortrag „Geologische Voraussetzungen für die Bildung von Mineralquellen" (MICHELS, F. 1951) und später in weiteren Veröffentlichungen publiziert hat: „Zur Geologie der Wiesbadener Heilquellen", „Die Herkunft der Mineralwasservorkommen am Rande des Taunus und in der Wetterau", „Von der Wiesbadener Thermalquellenspalte" sowie, besonders umfassend, „Die Wiesbadener Mineralquellen. Neue Beiträge zur Klärung ihrer geologischen Position" (MICHELS, F. 1954, 1961, 1964, 1966). Den Abschluß bildet die Beschreibung der „Thermalwasserbohrung Schützenhofquelle" (MICHELS, F. & J. D. THEWS 1971).

Die durch die Zerstörungen des Zweiten Weltkrieges notwendig gewordene Sanierung des Wiesbadener Quellengebietes setzte eine genaue Bestandsaufnahme der in der Vergangenheit nur oberflächennah erschlossenen Quellen voraus. Ein guter Überblick, auch hinsichtlich der damit verbundenen Veränderungen des Chemismus der Thermen, findet sich in einer Arbeit (FRESENIUS, W., G. KLEINSCHMIDT & W. SCHNEIDER 1978), die sich auf die von F. MICHELS erforschte geologische Situation stützt. Danach liegen auf der in der Wiesbadener Innenstadt von Osten nach Westen verlaufenden Hauptquellenspalte die Primärquellen: Kochbrunnen, Salmquelle, Große u. Kleine Adlerquelle und Schützen-

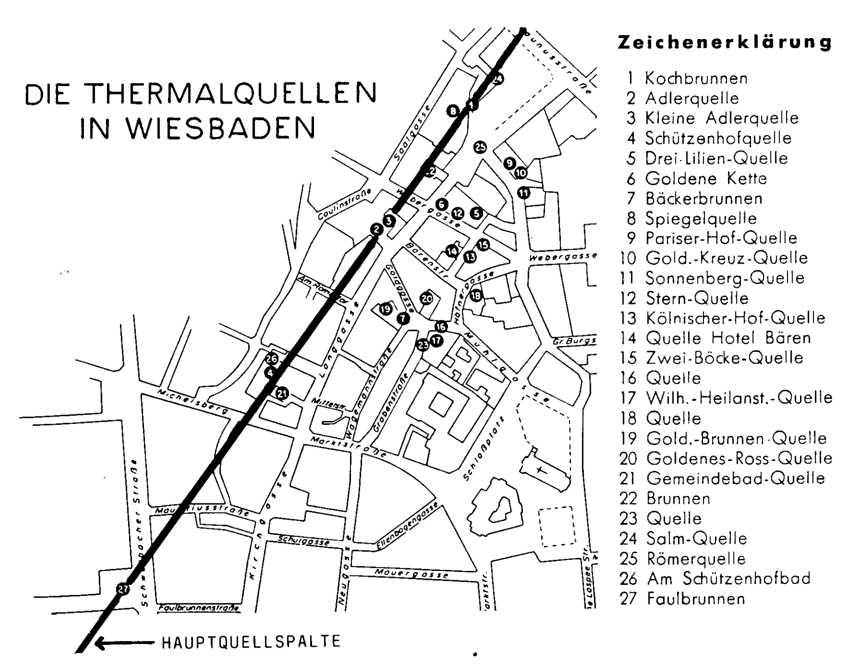


Abb. 10: Die Wiesbadener Thermalquellen (s. Text, S. 143)

hofquelle. Alle weiteren Thermen sind Sekundärquellen, die aus dem Überlaufwasser der Hauptspalte und aus den Primärquellen gespeist und mehr oder weniger stark durch seitlich einströmendes Grundwasser verdünnt werden (Abb. 10).

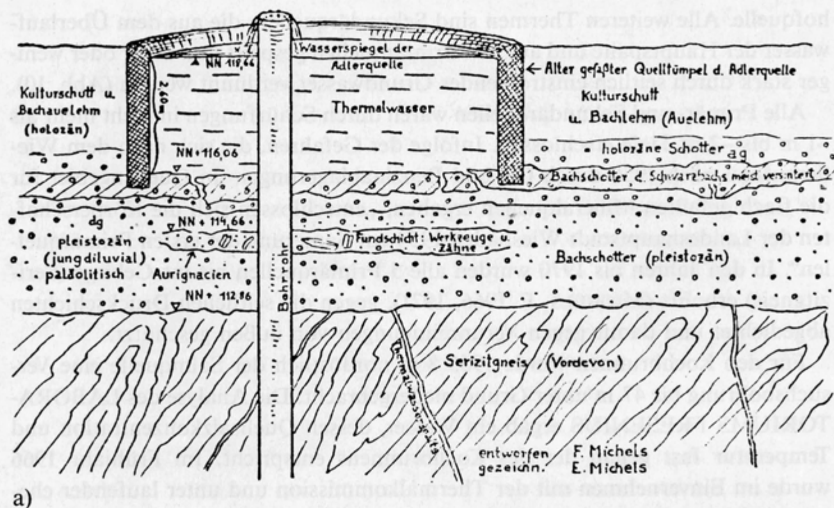
Alle Primär- und Sekundärquellen waren durch Schürfungen in nicht mehr als –1 m bis –2 m Tiefe erschlossen. Infolge der Gefahren, die sich nach dem Wiederaufbau nach 1950 durch Öl- und Benzinablagerungen im Quellengebiet für die flach gefaßten Mineralquellen ergaben, „entschlossen sich die Körperschaften der Landeshauptstadt Wiesbaden 1954 zur Sanierung der ersten Primärquellen". In den Jahren bis 1970 wurden alle 5 Primärquellen bis ins Gebirge (Serizitgneis) erbohrt (MICHELS, F. 1966, 1971), gegen die seitlichen Druckschichten abgedichtet und damit gegen Verunreinigungen von außen geschützt.

Für den Kochbrunnen wurde 1965 8 m nordöstlich der Salmquelle eine Versuchsbohrung bis 47 m unter Grund niedergebracht. Die Analyse des LABORATORIUMS FRESENIUS ergab ein Wasser, dessen Quellsalzkonzentration und Temperatur fast genau der des Kochbrunnens entspricht. Im Frühjahr 1966 wurde im Einvernehmen mit der Thermalkommission und unter laufender chemischer Kontrolle durch FRESENIUS eine weitere Bohrung 15 m nordöstlich der Mitte der Tümpelfassung des Kochbrunnens und 26,5 m südwestlich Bohrung I angesetzt, bis 43 m Tiefe in den vordevonischen Serizitgneis verrohrt und durch Zementierung abgedichtet. Beide Bohrungen haben genau in das Thermalquellen-Spaltensystem getroffen (MICHELS, F. 1966).

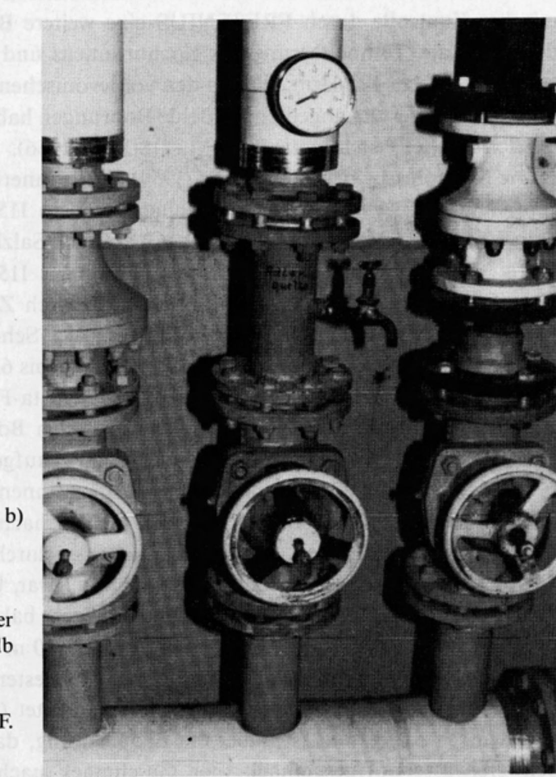
Die Neubohrung der Adlerquelle (1954) wurde innerhalb der alten Tümpelfassung angesetzt (Abb. 11) und bis in eine Tiefe von 115 m fortgesetzt. Da unterhalb 60 m sowohl Temperatur (+ 70 °C) als auch Salzkonzentration leicht rückläufig waren, hat man das Bohrloch ab 60 m bis 115 m wieder verfüllt. Auch diese Bohrung wurde bis in den Serizitgneis durch Zementierung abgedichtet. Ähnlich ging man 1969 bei der Neubohrung der Schützenhofquelle vor. Auch hier hat man die erbohrte Tiefe von 125,50 m nur bis 61,5 m verrohrt und ausgebaut. Darunter hat man das Bohrloch unter Hagusta-Filter und Filterkies mit einem Zementpfropf von 4 m verschlossen und den Bohrschacht bis zum Bohrgrund mit kalkfreiem Sand (Korngröße 3–5 mm) aufgefüllt (MICHELS, F. 1971).

Der Faulbrunnen, um auch das kurz zu erwähnen, wurde 1964 durch eine „Schutzbohrung", 8 m nordwestlich des alten Schachtes, saniert. Diese Sanierung war notwendig, weil der alte Brunnen, der durch einen Abwasserkanal in der Bleichstraße hygienisch besonders gefährdet war, bei Überprüfungen durch das LABORATORIUM FRESENIUS mehrfach bakteriologisch positive Befunde ergeben hatte. Die Bohrung wurde bis 28,50 m in den anstehenden Serizitgneis niedergebracht und bis 12 m Tiefe mit Westerwälder Ton und teilweise mit Schwerspatmehl gegen das Erdreich abgedichtet (MICHELS, F. 1966).

Chemisch interessant ist dabei die Beobachtung, daß seit der Sanierung der Schwefelwasserstoffgeschmack (der Geschmack nach faulen Eiern, der dem



a)



b)

Abb. 11: a) Neubohrung der großen Adlerquelle innerhalb des alten Quelltümpels; b) moderne Verrohrung (s. Text, S. 143 und MICHELS, F. (1966): JAHRBUCH 98, S. 24–26)

Faulbrunnen den Namen gegeben hat) stark nachgelassen hat. Zurückzuführen ist diese Erscheinung wahrscheinlich darauf, daß durch die abgedichtete neue Fassung auch die sulfatreduzierenden Bakterien, die für die Schwefelwasserstoffbildung verantwortlich sind und die sich in dem benachbarten Erdreich angesiedelt hatten, jetzt keinen ungehinderten Zugang mehr zu dem aufsteigenden Quellwasser haben.

Die Neubohrungen der heißen Quellen hatten für die chemische Zusammensetzung des Thermalwassers Folgen. Denn aus den verrohrten Bohrungen konnte nun das Heilwasser ohne Luftzutritt in die Leitungen gespeist werden. Dazu wurde ein neues (unter Stickstoff stehendes) Druckleitungsnetz erstellt, an das die Abnehmer in der Innenstadt und das neu erschlossene Kurgebiet „Aukammtal" mit dem Thermalhallen- und Thermalfreischwimmbad angeschlossen sind (vgl. oben 3.6.2). Die von den sanierten Primärquellen gespeiste Speicheranlage im Kaiser-Friedrich-Bad liefert heute die gleiche Wassermenge, die vorher aus allen 26 Thermen zusammen gefördert wurde. Die Anlage wurde 1976 in Betrieb genommen.

6.1.4 Arsen und stickstoffhaltige Verbindungen

Im Unterschied zur früheren Tümpelfassung des Kochbrunnens bedeutet die neue Anordnung, daß in dem ohne Luftzutritt, also im reduzierten Zustand geförderten Wasser die Oxidation des zweiwertigen Eisens zu Eisen(III)-Verbindungen und damit die Sinterbildung unterbleibt. Nach den Analysen des LABORATORIUMS FRESENIUS wurde ein erheblicher Teil des im Kochbrunnenwasser gelöst enthaltenen Arsens (Hydrogenarsenat, $HAsO_4^{2-}$) mit dem Eisen(III)-Niederschlag im Sinter abgeschieden und angereichert. Im Kochbrunnenwasser der Tümpelfassung waren (langjährig) max. 0,15 mg/kg Hydrogenarsenat nachgewiesen worden. Der Sinter enthielt 2,32% Arsen(III)-oxid. Mit dem Wegfall der primären Sinterbildung entfällt die (teilweise) Mitfällung des Arsens, das nun im luftfrei geförderten Kochbrunnenwasser mit 0,20 mg/kg Hydrogenarsenat enthalten ist (FRESENIUS, W. & W. SCHNEIDER 1963).

Daß dennoch keine gesundheitsschädigenden Arsenkonzentrationen im Wiesbadener Thermalwasser, das aus den neuen Quellfassungen ohne natürliche Eisenhydroxid-Fällung gewonnen wird, auftreten, bewirkt 1. die Filtration des für Trinkkuren abgezweigten Kochbrunnenwassers unter Luftzutritt; 2. die Enteisenung des Thermalbadwassers im Kaiser-Friedrich-Bad. Eine verwandte Technologie, jedoch unter Verwendung von ozonhaltigem Wasser, wurde vom INSTITUT FRESENIUS für Mineralbrunnen-Betriebe zur gleichzeitigen Entfernung von Eisen, Schwefel, Mangan und unerwünschten Arsen-Konzentrationen eingeführt (W. SCHNEIDER & H. H. RUMP 1983).

Auch die in Konzentrationen von ca. 5 mg/kg im Thermalwasser der Wiesbadener Primärquellen enthaltenen Ammonium-Ionen (NH_4^+) werden durch die luftfreie Förderung des Wassers beeinflußt. In der offenen Tümpelfassung hatte der überwiegende Teil der Stickstoffverbindungen in Form von Ammonium-Ionen vorgelegen. Nitrit (N_2O_3) wurde nur in Spuren nachgewiesen, Nitrat (N_2O_5) überhaupt nicht, weil geologisch vorhandenes Nitrat durch reduzierendes Fe(II) zu Nitrit und dieses weiter zum Ammonium-Ion umgewandelt wird (FRESENIUS, L. & H. LEDERER 1929).

Beim Transport des Thermalwassers unter Luftzutritt war der Nachweis von Nitrit- und Nitrat-Ionen an der ersten Trinkstelle in einer Entfernung von 50 m schon deutlich, an der etwa 1 km entfernten Trinkstelle in der Brunnenkolonnade wurden (als Folge der Luftoxidation) bereits „hohe Gehalte an Nitrit- und Nitrat-Ionen festgestellt" (FRESENIUS, W., G. KLEINSCHMIDT & W. SCHNEIDER 1978). Bei den neuen Quellfassungen und dem dadurch bewirkten strengen Luftausschluß bleibt jetzt das Wasser im reduzierten Zustand. Das bedeutet, daß das gesamte Eisen in zweiwertiger Form und die Stickstoffverbindungen nur noch als Ammonium-Ionen (geologischen Ursprungs) vorliegen. Sie sind, anders als Nitrat und Nitrit, gesundheitlich unbedenklich.

6.2 Schadstoffbelastung des Grundwassers im Gebiet von Straßen

6.2.1 Die Straße als Verunreinigungsherd

Der Schritt vom Mineral- und Heilwasser zum Grundwasser, den die Analytik des INSTITUTS FRESENIUS Anfang der siebziger Jahre machte, kennzeichnet deutlich die wachsende Bedeutung der Umwelt-Thematik. Ansatzpunkt eines neuen Forschungsprojektes war die Überlegung, daß die auf Verkehrsflächen (Straßen) anfallenden, nicht unerheblichen Mengen von anorganischen und organischen Substanzen vom Niederschlagswasser in den nicht asphaltierten Boden auf beiden Seiten der Straßen gespült werden und von dort in den Untergrund und ins Grundwasser gelangen (GOLWER, A. 1973).

Um Angaben über das Ausmaß der Grundwasserbelastung zu erhalten, wurde von 1970 an vom HESSISCHEN LANDESAMT FÜR BODENFORSCHUNG in Zusammenarbeit mit dem INSTITUT FRESENIUS der Einfluß des Straßenverkehrs auf den Boden und das Grundwasser untersucht (GOLWER, A. & W. SCHNEIDER 1973, 1979, 1982). Es wurde die gleiche Arbeitsteilung vorgenommen wie bei der Sanierung der Wiesbadener Heilquellen: das Landesamt (GOLWER) übernahm die geologische und hydrologische Untersuchung, das INSTITUT FRESENIUS (SCHNEIDER) war für die chemischen Analysen verantwortlich.

Für die Untersuchungen wurde das Gebiet um den Frankfurter Flughafen gewählt, weil dort Straßen mit hohem Verkehrsaufkommen vorliegen und einige Entwässerungseinrichtungen der Bundesautobahn A 3 (Sickerschächte und ein Sickerbecken mit Kontrollbrunnen) und der Bundesstraße B 43 am Kreisel Unterschweinstiege (eine mit Folien ausgekleidete Seitenmulde mit Dränrohren) für die Entnahme von Proben schon vorhanden waren. Außerdem standen für dieses Gebiet tägliche Aufzeichnungen über das Witterungsgeschehen (Regen, Windtransport etc.) von der nahegelegenen Klimastation Frankfurt-Flughafen zur Verfügung.

6.2.2 Chlorid- und Blei-Belastung am Kreisel Unterschweinstiege

Erste Untersuchungsstrecke war der nördlich vom Rhein-Main-Flughafen im Frühjahr 1970 gebaute Kreisel Unterschweinstiege, der einen durchschnittlichen täglichen Verkehr von 8210 Kraftfahrzeugen aufwies. Es sollen hier nicht die genauen Einzelheiten der Durchführung der Untersuchung beschrieben werden (sie sind bei GOLWER & SCHNEIDER 1973 nachzulesen), sondern nur Ergebnisse der Analysen, die vom INSTITUT FRESENIUS durchgeführt wurden. Aber auch diese nur, soweit sie Chloride und Blei betreffen. Chloride, weil sie in großen Mengen durch Calciumchlorid-haltige Auftausalze in den Boden gelangen und aus diesem nicht schnell genug durch Oberflächenwasser (Regen, Schnee) ausgewaschen werden und damit eine erhebliche Umweltbelastung darstellen. Das stark toxische Element Blei wird als Bestandteil der Automobilabgase in die oberen Bodenschichten eingetragen und führt dort zu einer allgemeinen Schädigung des gesamten Ökosystems.

Die Bodenproben seitlich der Verkehrsflächen sind spektralanalytisch (qualitativ) und quantitativ (mittels Atomabsorption) auf Spurenmetalle analysiert worden. Das aus den Dränrohren entnommene Sickerwasser untersuchte man auf Oxydierbarkeit (Kaliumpermanganat- und Kaliumdichromatverbrauch, organische Verunreinigungen als Summenparameter), ölige und fettartige Stoffe, Kohlenwasserstoffe, Phenole, Chlorid, Sulfat, Nitrat, Hydrogencarbonat, Wasserhärte, Abdampfrückstand, pH-Wert und spezifische elektrische Leitfähigkeit. In 12 Sickerwasserproben wurden außerdem die Keimzahlen bestimmt und das Wasser auf *E. coli* und coliforme Keime geprüft.

Nach Angaben der zuständigen Straßenmeisterei wurden auf die 2572 m^2 große Fahrbahnfläche im Winter 1970/71 rd. 926 kg und im Winter 1971/72 rd. 965 kg Auftausalz aufgebracht. Der sandige Mutterboden im Frankfurter Stadtwald und die darunter anstehenden sandigen und kiesigen Schichten besitzen praktisch keine natürlichen (geogenen) Chloride, und der Chloridgehalt des Niederschlagswassers ist sehr gering. So wurden vor Beginn der Salzstreuung Chloridgehalte von weniger als 1 mg/l Sickerwasser gemessen. Demgegenüber er-

reichte der Chloridgehalt nach den Streueinsätzen des Winters 1971/72 am 21. März 1972 im Sickerwasser aus den Entnahmestellen in 1,50 m Tiefe (Dränrohre 1–4) Werte von 1567 mg/l, 1333 mg/l, 2255 mg/l und 1837 mg/l.

Die 2jährigen Untersuchungen zeigen deutlich, daß die Jahresniederschläge nicht ausreichten, das Auftausalz aus der etwa 1,20 m mächtigen sandigen Grabenfüllung vollständig auszuwaschen. Der im Juli 1972 etwa 100 m westlich des Kreisels entnommene Chloridgehalt des Grundwassers betrug nach einer Analyse der Stadtwerke Frankfurt 43 mg/l.

Die atomabsorptionsspektrometrisch bestimmten Bleigehalte im Sickerwasser sind im 2jährigen Untersuchungszeitraum von weniger als 0,0002 mg/l auf max. 0,02 mg/l, also um das Hundertfache angestiegen. Zwar liegt dieser Wert gerade noch unter dem maximal zulässigen Grenzwert von 0,04 mg/l für Trinkwasser nach der bundesdeutschen Trinkwasserverordnung vom 22. Mai 1986. Der hundertfache Anstieg innerhalb von 2 Jahren ist dennoch bemerkenswert.

Bedenklicher sind die Bleikonzentrationen der Bodenproben, die in einem 10 m breiten Streifen neben den Fahrbahnen in Tiefen von 0 bis 50 cm entnommen wurden. Sie gelangen nur in geringem Abstand von der Fahrbahn durch abgeschwemmtes Regenwasser in den Boden. Nachdem ein geologischer + anthropogener „Normalwert“ (ohne Belastung durch Autoverkehr) in den oberen Bodenschichten (bis 15 cm Tiefe) zwischen 14 und 40 mg/kg ermittelt worden war, wurden nach $1^1/_2$ Jahren Bleigehalte gemessen, die in Abbildung 12 graphisch dargestellt sind. Das Element gelangt nach Verbrennung des Antiklopfmittels Tetraethylblei überwiegend in Form von Bleichloridbromid in die Atmosphäre und von dort als Niederschlag auf Pflanzen und Böden. Im Boden bildet es mit Sulfat- und Carbonat-Ionen sowie organisch-tonigen Komplexen geochemisch wenig mobile Verbindungen, d. h. Verbindungen, die sich im Erdreich nur langsam fortbewegen. Dieses Verhalten mindert zwar die unmittelbare Gefahr für das Grundwasser. Die Bleiverbindungen stellen aber auf lange Sicht eine Belastung dar, die nicht unbeachtet bleiben darf.

6.2.3 Sickerbecken und Brunnen an der Bundesautobahn A 3

Seit Mai 1973 fließen in ein rd. 3500 m^2 großes, 7 m tiefes Sickerbecken rd. 90% vom Oberflächenabfluß eines 3 km langen Autobahnabschnittes ostnordöstlich des Frankfurter Flughafens mit einer befestigten Fläche von etwa 54 000 m^2, um dort zu verdunsten. Vom Autobahnamt Frankfurt/M. werden für den zum Sickerbecken entwässernden Autobahnabschnitt durchschnittliche tägliche Verkehrsmengen (1980) von 90 000 Kraftfahrzeugen angegeben. Die vom Sickerbecken ausgehenden Grundwasserbelastungen werden durch 8 Brunnen überwacht.

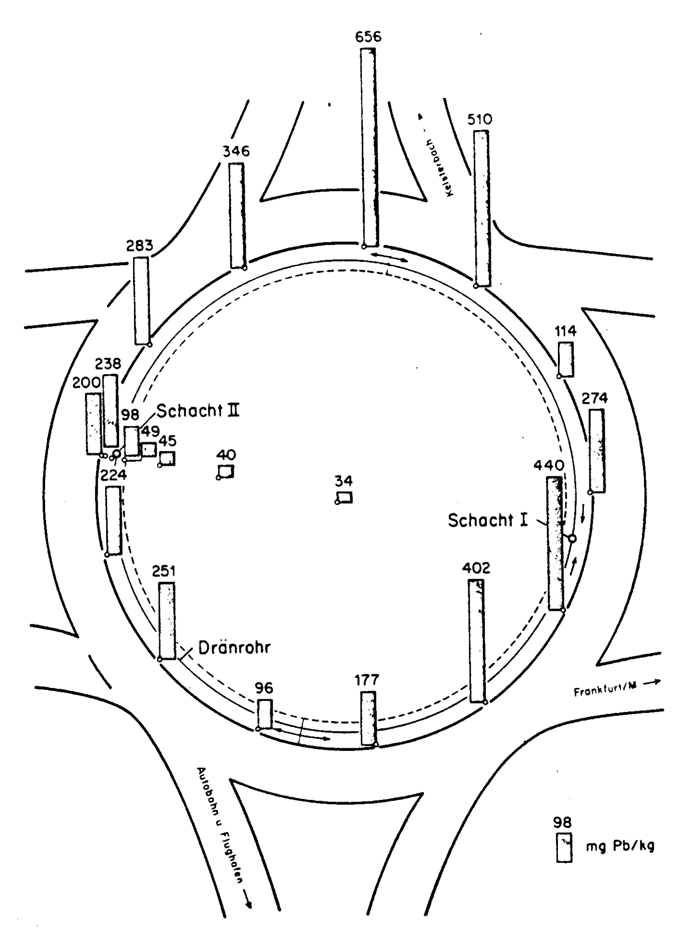


Abb. 12: Kreisel Unterschweinstiege Bundesstraße B 3. Bleikonzentrationen in mg/kg (s. Text, S. 148)

In den zitierten Arbeiten (GOLWER, A. & W. SCHNEIDER 1979, 1982) werden die geologischen, hydrologischen und sonstigen Bedingungen ähnlich beschrieben wie bei dem Kreisel an der Unterschweinstiege (6.2.2). Im INSTITUT FRESENIUS wurden zahlreiche Wasser-, Schlamm- und Bodenproben vom September 1975 bis Oktober 1977 nach unterschiedlichen Methoden analysiert. 14 Hauptbestandteile und 21 anorganische Spurenelemente wurden nachgewiesen und z. T. quantitativ, vorwiegend nach ISO-Normen, DIN-Vorschriften und Deutschen Einheitsverfahren/DEV bestimmt.

Von 1978 bis 1980 wurden drei Summenparameter (Organischer Kohlenstoff/TOC, Chemischer und Biologischer Sauerstoffbedarf/CSB und BSB_5), 32 organische Gruppenparameter und Einzelsubstanzen sowie 25 anorganische

Stoffe, darunter Na, K, Ca, Al, Fe, Mn, Chlorid, Hydrogencarbonat und Hydrogenphosphat, sowie die Spurenelemente As, Pb, B, Cd, Cu, Ni, Ti und Zn analytisch erfaßt. Neben den aus Petrolether- und Tetrachlorkohlenstoff-Extrakten isolierten organischen Verbindungen wurden flüchtige aliphatische und aromatische sowie polycyclische Kohlenwasserstoffe, Phenole, Detergentien und Gesamtcyanide überwiegend durch Gas-Chromatographie, Infrarot- und UV-Spektroskopie bestimmt.

Topographie des Sickerbeckens und geologischer Schnitt sind als Skizzen in den Abbildungen 13a und b dargestellt. Weitere Einzelheiten der Untersuchung können hier nicht näher erörtert werden. Sie stimmen methodisch weitgehend und im Ergebnis tendentiell mit den Befunden an der Unterschweinstiege überein.

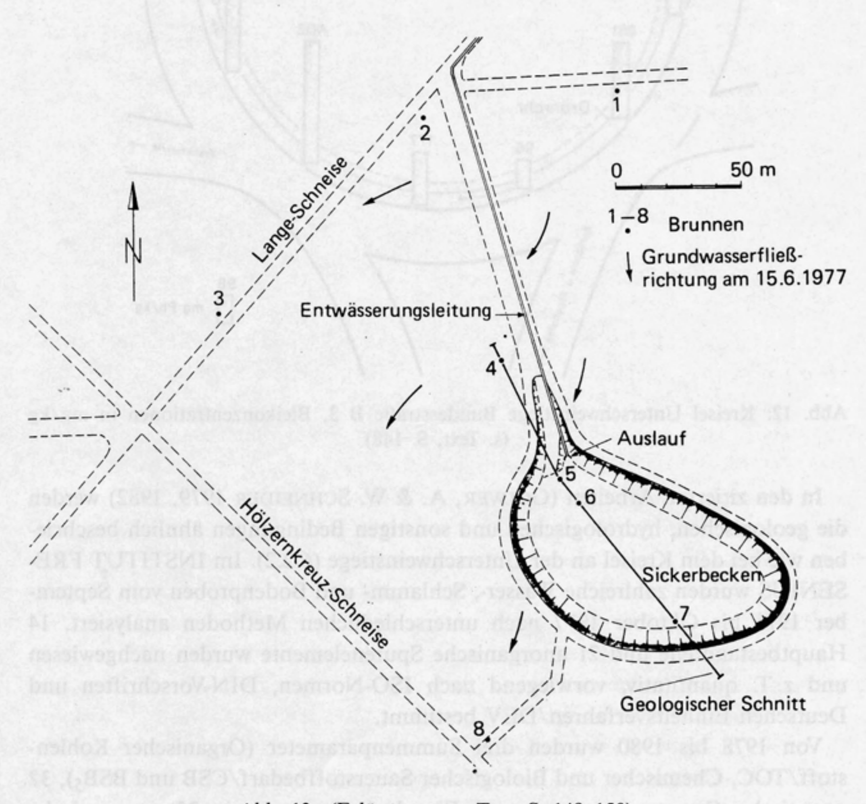


Abb. 13a (Erläuterung s. Text, S. 148–150)

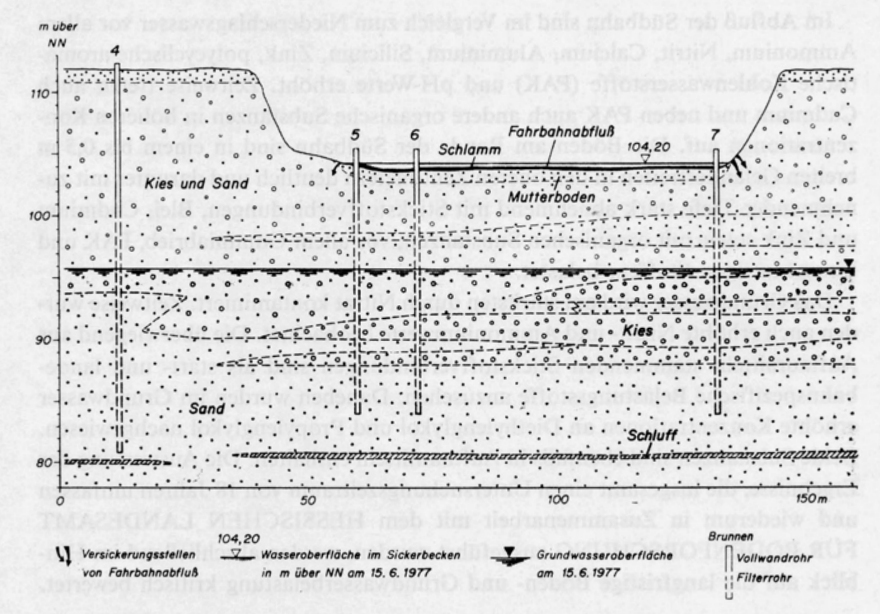


Abb. 13: Sickerbecken mit Brunnen an der Bundesautobahn A 3 (oben); geologischer Schnitt vom Sickerbecken (s. Text, S. 148–150)

6.2.4 Flughafen Frankfurt Main

Um diesen Untersuchungsbereich abzuschließen, sei noch eine Veröffentlichung über die „Belastung von Böden und Grundwasser an Start- und Landebahnen des Flughafens Frankfurt Main" (GOLWER, A., G. FISCHER, H. GORBAUCH & W. SCHNEIDER 1989) erwähnt. Es werden Untersuchungen beschrieben, die seit 1970 bis einschließlich 1987 durchgeführt werden. Belastungsstoffe sind Flugzeugabgase, Auftaumittel, Abrieb von Reifen und von Start- und Landebahnen sowie Feuerlöschmittel. Von diesen Stoffgruppen gelangen mit dem Oberflächenabfluß, teilweise auch durch Windtransport zahlreiche Einzelsubstanzen in die oberen Zentimeter der benachbarten Böden und von dort einige Stoffe in das Grundwasser.

Die Abflüsse der Südbahn wurden aus 5 Entwässerungsrinnen von 1 m Länge entlang des Nordrandes der Bahn gewonnen. Zur Entnahme von Grundwasser wurden ein 20 m tiefer Brunnen nördlich der Nordbahn und 5 Brunnen (35–40 m tief) im Bereich der Südbahn angelegt. Das Niederschlagswasser wurde bei der Klimastation Flughafen und (zum Vergleich) in Taunusstein-Neuhof gesammelt.

Im Abfluß der Südbahn sind im Vergleich zum Niederschlagswasser vor allem Ammonium, Nitrit, Calcium, Aluminium, Silicium, Zink, polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und pH-Werte erhöht. Zeitweise treten auch Cadmium und neben PAK auch andere organische Substanzen in höheren Konzentrationen auf. Die Böden am Rande der Südbahn sind in einem bis 0,5 m breiten Geländestreifen in den oberen Zentimetern deutlich und darunter mit zunehmender Tiefe stark abnehmend mit Stickstoffverbindungen, Blei, Cadmium und Zink sowie mit organischen Substanzen, vor allem Gummiabrieb, PAK und bitumenartigen Stoffen, belastet.

Das Grundwasser wird am stärksten durch Nitrat kontaminiert. Zeitweise wurden auch erhöhte Nitrit- und Ammoniumwerte beobachtet. Die überwiegend aus Auftaumitteln stammenden Stickstoffverbindungen sind als start- und landebahnspezifische Belastungsstoffe anzusehen. Daneben wurden im Grundwasser erhöhte Konzentrationen an Diethylenglykol und Propylenglykol nachgewiesen. Beide Substanzen sind ebenfalls in Auftaumitteln enthalten. Die Auswertung der Ergebnisse, die insgesamt einen Untersuchungszeitraum von 18 Jahren umfassen und wiederum in Zusammenarbeit mit dem HESSISCHEN LANDESAMT FÜR BODENFORSCHUNG ausgeführt wurden, werden abschließend im Hinblick auf die langfristige Boden- und Grundwasserbelastung kritisch bewertet.

6.3 Nährstoff-Bilanz des Sees von Tunis (Projekt „Abwasser–Wassergüte–Umweltschutz in Tunesien“)

In Tunesien begann das INSTITUT FRESENIUS 1975 umfangreiche Untersuchungen, die eine Bestandsaufnahme der Wassergüte und Abwasser-Situation sowie entsprechende fachliche Hilfestellung für tunesische Institutionen zum Inhalt hatten. Unmittelbarer Auftraggeber war die GESELLSCHAFT FÜR TECHNISCHE ZUSAMMENARBEIT (GTZ) GmbH in Eschborn, eine Organisation, die im Auftrag der Bundesregierung die Unterstützung von Ländern der Dritten Welt im Rahmen von projektgebundener Entwicklungshilfe steuert und koordiniert. In diesem Bericht soll jedoch ausschließlich über die Untersuchung des Sees von Tunis (Lac de Tunis) berichtet werden, da die übrigen Aufgaben vornehmlich organisatorischer Art waren: Einrichtung von Wasser-Untersuchungslabors, Beschaffung von Analysengeräten und Schulung von einheimischem Personal.

Der See von Tunis ist eine flache Lagune, die durch eine schmale Landzunge vom Mittelmeer abgetrennt ist. Ein Navigationskanal mit Klappwehren stellt eine schiffbare Verbindung zum Golf von Tunis her. Der See ist in die Liste der schützenswerten Feuchtgebiete der Erde aufgenommen. Außerdem ist er wichtig für die tunesische Fischerei; einmal für das Fischen selbst (durchschnittliche Fang-

menge 600 Tonnen Fisch pro Jahr), zum anderen stellt der See ein Fischlaichgewässer mit großen Mengen an Jungfischen und Jungaalen dar (Abb. 14).

Neben dieser Bedeutung des Sees für marine Lebewesen ist das ganze Gebiet von existentieller Bedeutung für viele Vogelarten. Im Seebereich nisten und brüten zahlreiche Flamingos, Reiher und Kormorane. Außerdem hat die Regierung des Landes den See von Tunis als mögliches Erholungsgebiet für die eigene Bevölkerung und als denkbare Touristenattraktion ins Auge gefaßt. Durch die besonderen Umstände (geringe Wassertiefe, schwacher Wasseraustausch mit dem Mittelmeer, hohe Wassertemperatur bei hoher Sonneneinstrahlung, dazu dichte

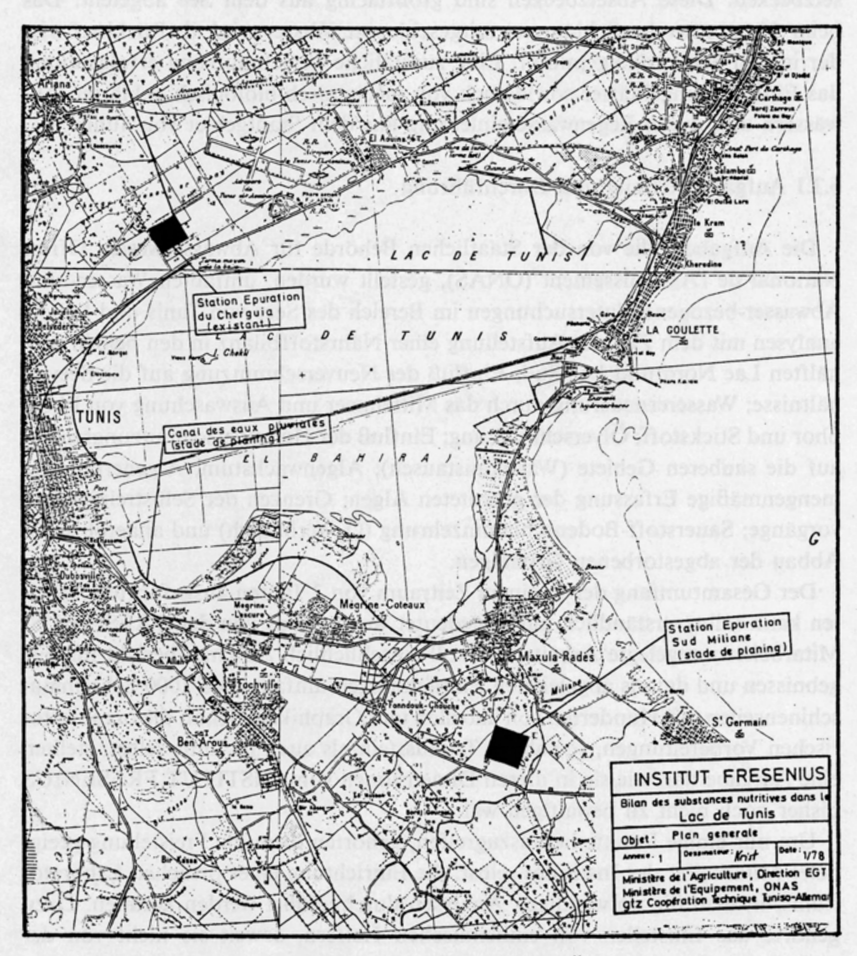


Abb. 14: See von Tunis: geographische Übersicht

städtische Besiedlung der Uferzone einschließlich des Hinterlandes) ist das Ökosystem des Sees jedoch stark anthropogen belastet: anaerober Schlamm, anaerobe Wasserzonen. Der See von Tunis ist ein Modellfall für ein Gewässer, das zur Eutrophierung neigt.

Im Grunde stellt der Tunissee ein überdimensionales Sickerbecken (6.2.2) dar. Er ist durchschnittlich 1 m tief und hat stark wechselndes salzhaltiges Wasser. In einem Teil des Sees wird Salz gewonnen, in einem anderen Teil wird Müll eingelagert. In einem dritten, größeren Abschnitt, der in einzelne Segmente unterteilt ist, pumpt man Schlamm vom Grunde des Sees ab und deponiert ihn in Absetzbecken. Diese Absetzbecken sind großflächig aus dem See abgeteilt. Das beim Abpumpen des Schlammes mitgeschleppte Wasser wird als Rücklauf wieder in den See zurückgepumpt. Eine zusätzliche Verschmutzung erfolgt durch das Einleiten ungeklärter sowie auch von mechanisch-biologisch geklärten Abwässern und durch Regenwassereinleitung aus dem Stadtgebiet von Tunis.

6.3.1 Aufgabenstellung und Durchführung

Die Aufgaben, die von der Staatlichen Behörde für Abwasserwesen, Office National de l'Assainissement (ONAS), gestellt wurden, umfaßten Wasser- und Abwasser-bezogene Untersuchungen im Bereich des Sees von Tunis und Laboranalysen mit dem Ziel der Aufstellung einer Nährstoffbilanz in den beiden Seehälften Lac Nord und Lac Sud; Einfluß der Neuverschmutzung auf die Seeverhältnisse; Wassererneuerung durch das Mittelmeer und Auswaschung von Phosphor und Stickstoff; Ölverschmutzung; Einfluß der Hauptverschmutzungszonen auf die sauberen Gebiete (Wasseraustausch); Algenwachstum, Algenernte und mengenmäßige Erfassung der geernteten Algen; Grenzen der Selbstreinigungsvorgänge; Sauerstoff-Bodenschlammzehrung (O_2-Verbrauch) und anaerobischer Abbau der abgestorbenen Grünalgen.

Der Gesamtumfang der in einem Zeitraum von 2 Jahren ausgeführten Arbeiten kann selbstverständlich nur angedeutet werden; das von den FRESENIUS-Mitarbeitern angelegte Arbeitsprotokoll einschließlich Abschlußbericht mit Ergebnissen und daraus abgeleiteten Empfehlungen umfaßt etwa 1000 Schreibmaschinenseiten mit Hunderten von Tabellen und Graphiken. Schon die organisatorischen Vorbereitungen, sowohl in Taunusstein als auch in Tunis selbst, stellten eine Aufgabe dar, wie sie in diesen Dimensionen vom INSTITUT FRESENIUS bisher noch nicht zu bewältigen war.

Um nur einige Punkte herauszugreifen, gehörten dazu die Freistellung geeigneter Mitarbeiter des Institutes selbst, die Einrichtung eines örtlichen Laboratoriums, in dem die notwendigen Analysen durchgeführt werden konnten. Dazu gehörte das Einstellen von einheimischen Helfern, soweit sie nicht von der ONAS gestellt werden konnten. Um die erforderlichen Langzeitbeobachtungen

und Messungen auf dem See durchführen zu können, mußte ein Motorboot angeschafft werden, dazu Entfernungsmesser, Winkelmesser, Feldstecher und schließlich ein 1 m breiter Kescher zum Einsammeln (Ernten) der Algen. Im großen und ganzen also Gerätschaften, die normalerweise nicht zur Standardausrüstung eines analytischen Laboratoriums gehören.

Von Seiten des INSTITUTES FRESENIUS wurde das Projekt von Direktor WILHELM SCHNEIDER geleitet. Für die Arbeiten in Tunis verantwortlich waren Chem.-Ing. (grad.) H. KRIST und G. JUST. Die GTZ unterhielt vor Ort eine eigene Projektgruppe mit Dipl.-Ing. P. KAMPE als Teamleiter und Chem.-Ing. E. KÖPPEN. Die tunesischen Partner der ONAS waren Direktor H. KENNOU und Laborchef SAIED.

Der Operationsplan begann mit der Fixierung der Probenahmestellen im Lac Nord, im Lac Sud und im Navigationskanal durch ein Koordinatensystem, dessen Schnittpunkte im Abstand von 1 und 2 km durch Bojen markiert wurden. In Abständen von 500 und 1000 m wurden im Herbst 1976 sowie im Frühjahr/Sommer 1977 nach einem genau festgelegten Plan in einer Tiefe von 0,10 m unter dem Seespiegel Wasserproben sowie 0,10 m über dem Seegrund Wasser- und Schlammproben entnommen. Außerdem wurden vom Boot aus mit Pumpen Wasserproben aus verschiedenen Tiefen entnommen und durch ein Elektrodensystem zur Messung von Temperatur, elektr. Leitfähigkeit, Sauerstoff, pH/Redox-Potential geleitet. Die bakteriologischen Proben wurden an Bord des Probenahmeboots angesetzt und später im Labor untersucht. Die Entnahme von Schlamm- und Seesediment-Proben erfolgte mit einem speziellen Schlammgreifer und einem selbstgebauten Sedimentstecher, die Algen wurden mit dem Kescher gehoben, Mikroalgen auf Membranfiltern gesammelt und gewogen.

Art (Analysenmethoden) und Umfang der im Laboratorium durchgeführten Arbeiten können nicht Gegenstand dieses Berichtes sein. Um einen Eindruck zu vermitteln, wie die Ergebnisse der Auswertung (neben einer Vielzahl von Tabellen) kartographisch dargestellt wurden, sind 3 Kartenskizzen abgebildet (Abb. 15 a, b, c). Skizze 1 zeigt die Verteilung des Algenbestandes in einem bestimmten Zeitabschnitt, Skizze 2 den Phosphorgehalt, ausgedrückt als Gesamt-Phosphor in mg/Liter Wasserprobe (Mischproben aus verschiedenen Wassertiefen); Skizze 3 gibt die Keimzahlen coliformer Bakterien wieder. In den Skizzen 1 und 3 sind die Koordinaten des durch Bojen markierten Rasternetzes zu erkennen.

6.3.2 Ergebnisse und Empfehlungen

Das Ergebnis der Algenmessung (und damit des Phosphor- und Stickstoffgehalts) kann kurz so formuliert werden. Die dritte von insgesamt vier Erntekampagnen (Juli 1977), bei denen die Algenkolonien in Abständen von 50 und 100 m, rasterförmig über die ganze Seefläche verteilt, aus dem Wasser geschöpft

wurden, ergab überdurchschnittlich hohe Werte. Dabei wurden im Lac Nord etwa 86.000 t feuchte Algen, entsprechend einer Trockenmasse von rd. 12.850 t ermittelt. Diese enthält rd. 25,7 t Phosphor und 295 t Stickstoff. Den Kohlenstoffgehalt berechnete man auf rd. 2.100 t. Im Lac Sud wurden im gleichen Meßzeitraum etwa 12.000 t feuchte Algen abgeschätzt, das sind rd. 1.800 t Trockensubstanz mit 3,59 t Phosphor, 41,2 t Stickstoff und etwa 305 t Kohlenstoff. Der hier beschriebene Abschnitt war nur einer von vier Meßzeiträumen, mit dem lediglich die Arbeitsweise und Art der Ergebnisfeststellung demonstriert werden sollte.

In der von W. SCHNEIDER formulierten Summierung der Ergebnisse für die Jahre 1976/77 heißt es, daß „der See von Tunis ein in weiten Teilen sich selbst regulierendes labiles Ökosystem auf niederem Niveau darstellt. Am ehesten kann man ihn mit einem Abwasserteich mit teilweiser Algen- und Fischbewirtschaftung vergleichen. Teile des Lac Nord sind anaerob und im herkömmlichen Sinne biologisch tot. Die Wasserbeschaffenheit verbessert sich in Richtung der Insel Chekli (Karte, Abb. 14), und der See vermag die Abwässer von Cherguia aufzunehmen. Es stellt sich in Abhängigkeit von der Wasserdurchmischung ein Biotop ein, das artenarm ist und im wesentlichen aus dem Sauerstoffeintrag durch Wind und Wellen und Sauerstoffproduktion bzw. -verbrauch durch Algen stabilisiert wird."

Aufgrund der Untersuchungsergebnisse, die im Lac Sud ganz ähnlich sind, „ist zu erwarten, daß das artenarme, labile, aber sich immer wieder regulierende Öko-

a)

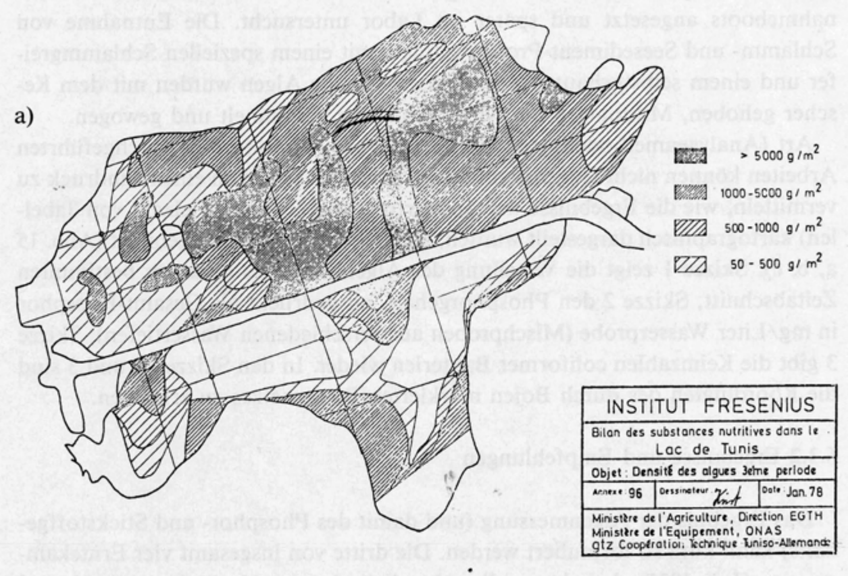
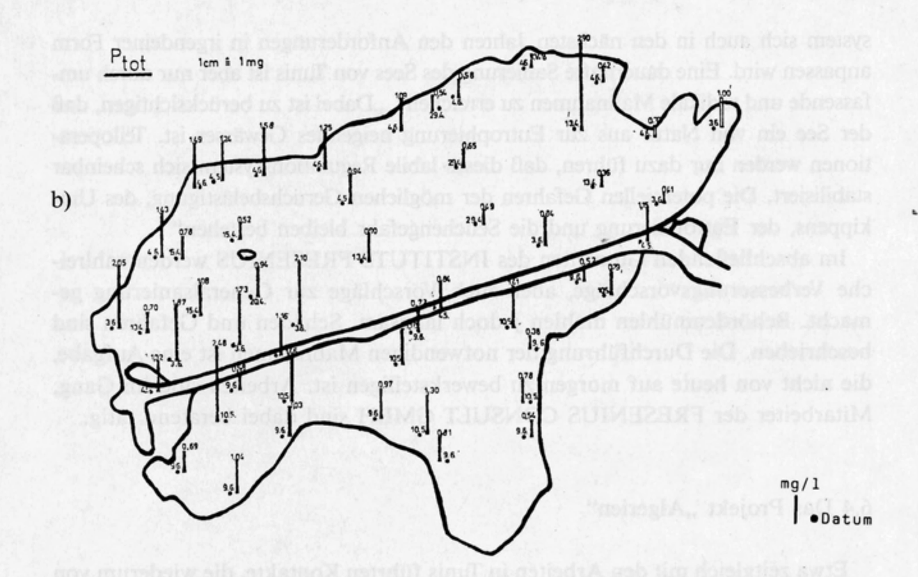
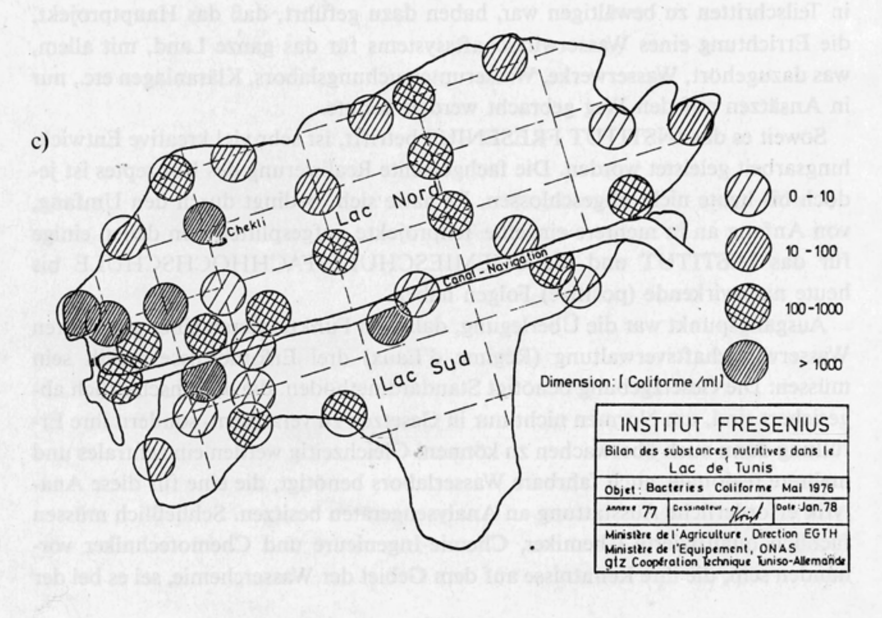


Abb. 15: See von Tunis: a) Verteilung des Algenbestandes Juni 1978; b) Phosphorgehalt in mg/Liter; c) Keimzahlen coliformer Bakterien (s. Text, S. 155)


b)
P_{tot}
1cm ≙ 1mg
mg/l
Datum


c)
Chekli
Lac Nord
Canal - Navigation
Lac Sud
0 – 10
10 - 100
100-1000
> 1000
Dimension: [Coliforme/ml]
INSTITUT FRESENIUS
Bilan des substances nutritives dans le Lac de Tunis
Objet: Bacteries Coliforme Mai 1976
Annexe 77
Dessinateur
Date Jan. 78
Ministère de l'Agriculture, Direction EGTH
Ministère de l'Equipement, ONAS
gtz Coopération Technique Tuniso-Allemande

system sich auch in den nächsten Jahren den Anforderungen in irgendeiner Form anpassen wird. Eine dauerhafte Sanierung des Sees von Tunis ist aber nur durch umfassende und radikale Maßnahmen zu erreichen". „Dabei ist zu berücksichtigen, daß der See ein von Natur aus zur Eutrophierung neigendes Gewässer ist. Teiloperationen werden nur dazu führen, daß dieses labile Regulationssystem sich scheinbar stabilisiert. Die potentiellen Gefahren der möglichen Geruchsbelästigung, des Umkippens, der Eutrophierung und die Seuchengefahr bleiben bestehen."

Im abschließenden Gutachten des INSTITUTS FRESENIUS werden zahlreiche Verbesserungsvorschläge, aber auch Vorschläge zur Generalsanierung gemacht. Behördenmühlen mahlen jedoch langsam. Schäden und Gefahren sind beschrieben. Die Durchführung der notwendigen Maßnahmen ist eine Aufgabe, die nicht von heute auf morgen zu bewerkstelligen ist. Arbeiten sind im Gang, Mitarbeiter der FRESENIUS CONSULT GMBH sind dabei beratend tätig.

6.4 Das Projekt „Algerien"

Etwa zeitgleich mit den Arbeiten in Tunis führten Kontakte, die wiederum von der GESELLSCHAFT FÜR TECHNISCHE ZUSAMMENARBEIT (GTZ) initiiert wurden, zu einem noch umfangreicheren Projekt, das im Auftrag der Regierung der Volksrepublik Algerien in Angriff genommen wurde. Politische Umstände – und die von Anfang an wohl allzu weitgesteckte Zielsetzung, die nur in Teilschritten zu bewältigen war, haben dazu geführt, daß das Hauptprojekt, die Errichtung eines Wasserwirtschaftssystems für das ganze Land, mit allem, was dazugehört, Wasserwerke, Wasseruntersuchungslabors, Kläranlagen etc., nur in Ansätzen auf den Weg gebracht werden konnte.

Soweit es das INSTITUT FRESENIUS betrifft, ist sehr viel kreative Entwicklungsarbeit geleistet worden. Die fachgerechte Realisierung des Konzeptes ist jedoch bis heute nicht abgeschlossen. Es hatte sich, bedingt durch den Umfang, von Anfang an in mehrere einzelne Teilprojekte aufgesplittet, von denen einige für das INSTITUT und die CHEMIESCHULE/FACHHOCHSCHULE bis heute nachwirkende (positive) Folgen haben.

Ausgangspunkt war die Überlegung, daß zum Funktionieren einer geordneten Wasserwirtschaftsverwaltung (Régime d'Eaux) drei Erfordernisse erfüllt sein müssen: Die Gesetzgebung benötigt Standardmethoden, die wissenschaftlich abgesichert sind, um Normen nicht nur in Gesetzen zu verankern, sondern ihre Erfüllung dann auch überwachen zu können. Gleichzeitig werden ein zentrales und mehrere regionale, auch fahrbare Wasserlabors benötigt, die eine für diese Analytik erforderliche Ausstattung an Analysengeräten besitzen. Schließlich müssen fachlich qualifizierte Chemiker, Chemie-Ingenieure und Chemotechniker vorhanden sein, die ihre Kenntnisse auf dem Gebiet der Wasserchemie, sei es bei der

Trinkwasseraufbereitung, der chemisch-analytischen Untersuchung und bei der Führung und Kontrolle von Kläranlagen zur Abwasserreinigung anzuwenden in der Lage sind.

Während es beim Auf- und Ausbau von Wasserlabors unvorhersehbare Schwierigkeiten gab, konnte der zuletzt genannte Punkt in großem Umfang realisiert werden: die Ausbildung von Chemikern, Chemieingenieuren und Chemotechnikern mit besonderer Spezialisierung auf Wasseranalytik und Abwasser-Technologie. Seit 1976 sind in der CHEMIESCHULE FRESENIUS, ergänzt durch Praktika im INSTITUT FRESENIUS in Taunusstein, etwa 100 algerische Studenten in besonderen Studiengängen ausgebildet worden. Nachdem sie in Sprachkursen ihre Deutschkenntnisse auf den erforderlichen Stand gebracht hatten, haben sie, finanziell unterstützt von der CARL-DUISBERG-Stiftung, ihr Studium absolviert. Dabei gab es eine natürliche Auslese: die Mehrzahl der Studenten schlossen als Chemotechniker ab, beinahe ebenso viele wurden Chemie-Ingenieure (grad.), und es kam vor, daß einer von ihnen danach noch an der Hochschule das Diplomchemiker-Examen ablegte und den Doktorgrad erwarb.

6.5 Die Methodensammlung für Wasseruntersuchungen

Eine Grundvoraussetzung sowohl für die Ausbildung der algerischen Studenten in Deutschland als auch später in Algerien selbst sowie für das geplante Netz von Wasserlaboratorien einschließlich aller Einrichtungen des „Régime d'Eaux" war das Vorhandensein eines Systems von Lehrbüchern in französischer Sprache. Diese sollten so konzipiert sein, daß sie für den Fachschulunterricht zu gebrauchen waren, gleichzeitig aber auch als Laboratoriums-Handbücher dienen konnten, nach deren genauen Arbeitsvorschriften die Wasserchemiker/-techniker wie nach einem Kochbuch arbeiten konnten. Die Methodik mußte den Verhältnissen vor Ort angepaßt sein.

Das bedeutete eine doppelte Zielrichtung: Modernste Analysenverfahren für die Zentrallabors des Partnerlandes, das nicht mit einer „Dritte-Welt-Mentalität" bedient sein wollte. In diesem Punkt sind die Partner solcher Entwicklungsprojekte (mit Recht) sehr empfindlich. Andererseits erfordern die örtlichen und regionalen Verhältnisse in diesen Ländern auch ein Angebot an robusten und wenig störanfälligen Methoden, ohne die Wasserstationen in abgelegenen Teilen des Landes (Atlasgebirge, Hochland der Schotts und Sahara-Randgebiete) keine effiziente Arbeit leisten könnten.

Es mußten Methoden gewählt werden, die zuverlässig und hinsichtlich Richtigkeit und Reproduzierbarkeit optimiert waren. Die Empfindlichkeiten mußten mindestens die Größenordnung international vorgeschriebener oder empfohlener Grenzwerte für Spurenelemente, Anionen und gesundheitsschädliche organische Verbindungen erreichen. Neben wenigen traditionellen gravimetrischen und

volumetrischen Verfahren blieb die Spektralphotometrie das „Arbeitspferd" dieser Analytik; für organische Verbindungen schob sich mehr und mehr die Gas-Chromatographie in den Vordergrund. Atomabsorptionsspektrometrische Verfahren (AAS) mit Flammenanregung wurden erstmalig in größerem Maße berücksichtigt.

Bücher, die diesen Anforderungen entsprachen, gab es nicht. Also mußten sie geschaffen werden. Eine Aufgabe, die nicht leicht zu lösen war. Sie wurde aber in Angriff genommen. Und sie hat sich – im Nachhinein läßt sich das ohne Einschränkung feststellen – als eine für viele neue Aktivitäten des INSTITUTES FRESENIUS befruchtende Herausforderung erwiesen. Verlangt wurden Arbeitsbücher, in die ausschließlich solche Analysenverfahren aufgenommen werden sollten, die sich bei FRESENIUS selbst bewährt hatten und dort in der täglichen Routinearbeit angewendet werden.

Das erste dieser Bücher wurde im Januar 1976 begonnen. Das Konzept wurde aus der Praxis heraus von W. SCHNEIDER und W. CZYSZ entwickelt. Einige Methoden lagen schon als Einzelpublikationen in Fachzeitschriften vor. Andere waren im Wasser-Band des HANDBUCHES FÜR LEBENSMITTELCHEMIE veröffentlicht worden; sie mußten z. T. modifiziert und auf den neuesten Stand gebracht werden. Viele Verfahren existierten nur in Form von handgeschriebenen Notizen in den Labors. Sie wurden präzisiert und in die Form von verbindlichen Analysenvorschriften gebracht. Der gesamte Text ist neu geschrieben worden. Nicht viel anders waren einmal die ANLEITUNGEN ZUR QUALITATIVEN UND QUANTITATIVEN CHEMISCHEN ANALYSE des Gründers REMIGIUS FRESENIUS entstanden, mit dem einen, allerdings bedeutenden Unterschied, daß er kaum auf Vorarbeiten anderer Analytiker zurückgreifen konnte.

Ende 1977 lag das dreibändige Werk als „METHODENSAMMLUNG FÜR WASSERUNTERSUCHUNGEN" vor (CZYSZ, W., H. DEICHSEL, R. E. FRESENIUS, W. POTH, W. SCHNEIDER & E. WIENRICH 1977). Gleichzeitig erschien die französische Fassung „Méthodes pour l'Analyse des Eaux", einmal als spezielle Ausfertigung im Auftrag der REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE, außerdem in einer (textgleichen) Fassung, die im Auftrag der deutschen Bundesregierung von der GTZ in französischsprachige Länder, überwiegend in Afrika, als Starthilfe für ähnliche Projekte wie die in Algerien und Tunesien geliefert wurde (Abb. 16).

In neu bearbeiteter Form, aber auf der Grundlage der vorstehend zitierten deutsch/französischen Fassung, ist dieses Buch in englischer Sprache „WATER ANALYSIS' (A Practical Guide to Physico-Chemical and Microbiological Water Examination and Quality Assurance) mit den FRESENIUS-Autoren F. J. BIBO, H. BIRKE, H. BÖHM, W. CZYSZ, H. GORBAUCH, H. J. HOFFMANN, H. H. RUMP und W. SCHNEIDER beim Springer-Verlag (FRESENIUS, W., K. E. QUENTIN & W. SCHNEIDER, Eds., 1988) erschienen. Auf diesem Methodenbuch basiert au-

ßerdem der chemisch-analytische Teil eines Forschungsberichtes „Untersuchungsmethoden des Instituts Fresenius zur Beurteilung der Deponierbarkeit von Gewerbeabfällen“, der 1980 von W. SCHNEIDER (unter Mitarbeit von W. CZYSZ, H. GORBAUCH und H. H. RUMP) für das Umweltbundesamt erstellt wurde.

6.6 Technologie des Trinkwassers und des Abwassers

Kaum war das Mammutwerk der METHODENSAMMLUNG abgeschlossen, stand ein neues Projekt dieser Art ins Haus. Es war ein weiterer Teil des Gesamtplanes, der ursprünglich für Algerien, Tunesien und andere von der GESELLSCHAFT FÜR TECHNISCHE ZUSAMMENARBEIT/GTZ geförderte Länder zugeschnitten war: Ein Handbuch über die Gewinnung, Aufbereitung und Verteilung von Trinkwasser im allgemeinen, aber auch speziell in relativ wasserarmen Ländern. Aus dem letzteren Grund wurde auch ein besonderes Kapitel über Trinkwassergewinnung aus Salz- und Meerwasser aufgenommen. Die „TECHNOLOGIE DES TRINKWASSERS“ erschien in französischer Sprache

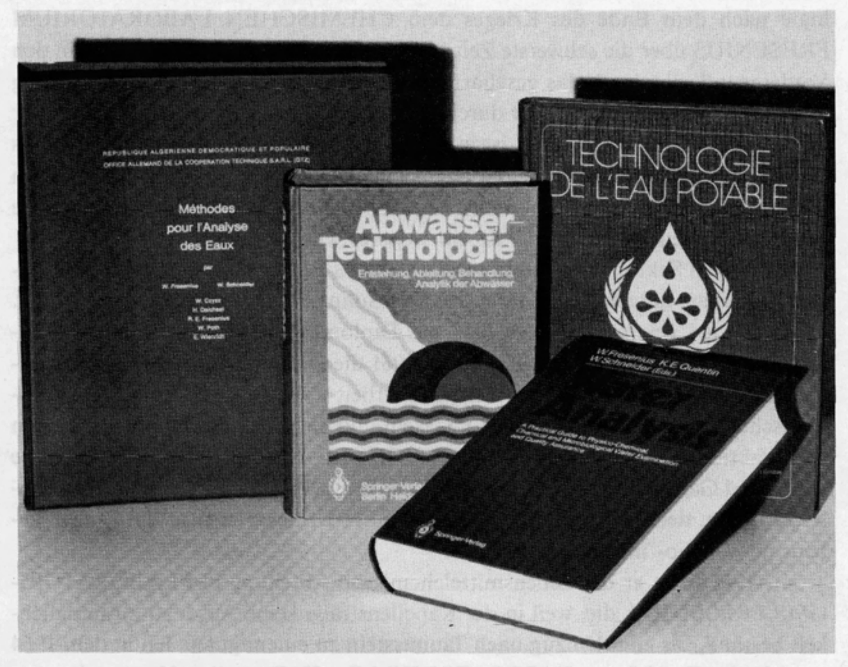


Abb. 16: Methodenbücher zur Wasseranalyse, Trinkwasser- und Abwasser-Technologie aus dem Institut Fresenius

als „TECHNOLOGIE DE L'EAU POTABLE" (ARTZ, J., W. CZYSZ, R. HECK, W. SCHNEIDER & E. STAUDTE 1979/80).

Den Abschluß dieser Reihe bildet ein, wegen der besonderen Thematik mit dem „Forschungsinstitut für Wassertechnologie" der TECHNISCHEN HOCHSCHULE AACHEN (RWTH) gemeinsam erarbeitetes Buch „ABWASSERTECHNOLOGIE". Es trägt den Untertitel „Entstehung, Ableitung, Behandlung, Analytik der Abwässer". Behandlung und Analytik der Abwässer waren der Teil des INSTITUTES FRESENIUS mit den Autoren W. CZYSZ, A. DENNE, H. RUMP, W. SCHNEIDER, E. STAUDTE und W. SUPPERL (1984). Dieses Buch ist inzwischen in 2. Auflage und in einer englischen Ausgabe (1989) erschienen. Geplant ist eine französische Ausgabe, die durch den Mitherausgeber GTZ in französischsprachigen Ländern, insbesondere in Afrika, verbreitet werden soll.

7. Lebensmittel-Analyse und Mikrobiologie

Selbstverständlich drehte sich in diesen Jahren nicht alles um Wasser und Umwelt. Doch selbst in der Lebensmittel-Analytik, die zusammen mit der Mikrobiologie nach dem Ende des Krieges dem CHEMISCHEN LABORATORIUM FRESENIUS über die schwerste Zeit hinweggeholfen hatte, traten Fragen in den Vordergrund, die durch das geschärfte Gesundheitsbewußtsein der Bevölkerung und damit indirekt doch wieder durch das Thema Umwelt ausgelöst wurden. Der Begriff des „Reinheitsgebotes" ist in jüngster Zeit durch die Rechtsprechung des Europäischen Gerichtshofes in das allgemeine Bewußtsein getreten. Es sei nur an die Auseinandersetzungen um deutsches Bier und deutsche Wurst erinnert. Käse aus nicht pasteurisierter Milch ist ein weiteres Thema dieser Art.

Auf diesem Sektor ist Professor Dr. REMIGIUS E. FRESENIUS (Abb. 9) seit langem, vor allem gutachterlich, tätig. 1931 als Sohn des 1949 gestorbenen Prof. Dr. R. FRESENIUS geboren, legte er 1957 das Diplomchemiker-Examen an der Philipps-Universität in Marburg/Lahn und 1961 die Diplomprüfung als Lebensmittelchemiker ab. Er promovierte mit einer Arbeit über die „Fraktionierung enzymatischer Hydrolysate von α- und β-Casein und das Calciumbindungsvermögen der Fraktionen". An der FACHHOCHSCHULE WIESBADEN, Fachbereiche Wein- und Gartenbau, in Geisenheim war er von 1971 bis 1981 als Lehrbeauftragter tätig. An der CHEMIESCHULE FRESENIUS lehrt er u. a. die Fächer Lebensmittel-, Bio- und Umweltchemie.

Seit 1961 leitet er die Lebensmittelchemische Abteilung des LABORATORIUMS FRESENIUS, die, weil in der Kapellenstraße keine Ausdehnungsmöglichkeit bestand, bis zum Umzug nach Taunusstein zu einem guten Teil in dem 1964 erworbenen Frankfurter LABORATORIUM Dr. H. POPP ihre Untersuchungen durchführte. Dort stellten neben umfangreichen Hygienetests in Lebensmittelbe-

trieben und Lebensmittelmärkten größere Aufträge aus dem Bereich der Zigarettenindustrie einen besonderen Schwerpunkt dar. Nikotin, aber vor allem die als Karzinogene geltenden Teerbestandteile des Rauchkondensats stehen dabei im Mittelpunkt des Interesses (FRESENIUS, R. E. 1985; FRESENIUS, R. E. & E. AUGSTEIN 1983).

An wissenschaftlichen Veröffentlichungen zu nennen sind u. a. die „Möglichkeiten und Grenzen des Nachweises schädlicher Substanzen in Wasser, Boden und Lebensmitteln" (FRESENIUS, R. E. 1966) sowie eine speziellere „Schnellmethode zur Bestimmung des Eigehaltes in Mayonnaise und Salatmayonnaise" (FRESENIUS, R. E. 1967); sie wurde durch die Neufassung der Leitsätze für die Zusammensetzung dieser Produkte veranlaßt. Das besondere Interesse von R. E. FRESENIUS hat von Anfang an den Möglichkeiten der enzymatischen Analyse bei der Untersuchung von Lebensmitteln gegolten (FRESENIUS, R. E. & K.-G. WÖNNE 1974, 1976), aber auch dem Nachweis von Mycotoxinen, giftigen Stoffwechselprodukten von Schimmelpilzen, die lebensgefährliche Lebensmittelvergiftungen hervorrufen können (FRESENIUS, R. E. 1980).

7.1 Fruchtsäfte und Erfrischungsgetränke

Große Bedeutung haben nach wie vor die Untersuchungen von Limonaden und Fruchtsäften. In diesem Arbeitsgebiet treffen sich Lebensmitteluntersuchung und Mikrobiologie, über die schon eingehend berichtet wurde. Hier sollen deshalb nur einige Arbeiten kurz erwähnt werden, die nach dem Ausscheiden von Dr. GEHRING von seinen Nachfolgern weitergeführt worden sind. Dr. GEORG STURM leitete die Mikrobiologische Abteilung von 1962 bis 1965. Dann übernahm EDITH WIENRICH den Innendienst, ALFRED SCHNEIDER organisierte den Außendienst, während FRANZ JOSEF BIBO seitdem den Trinkwasser- und Lebensmittelbereich sowie die mikrobiologische Kontrolle der Mineral- und Heilwässer betreut.

In diesen Jahren entstanden Arbeiten über die Bedeutung mikrobiologischer Befunde bei Limonaden und Fruchtsaftgetränken (STURM, G. & E. WIENRICH 1962; FRESENIUS, W., E. WIENRICH & F. J. BIBO 1967; WIENRICH, E. 1975a, 1975b, 1976). Die in diesen Jahren gesammelten Erfahrungen mündeten in den „Entwurf eines Standards zur mikrobiologischen Untersuchung von Fruchtsäften und alkoholfreien Erfrischungsgetränken" (FRESENIUS, R. E., E. WIENRICH, F. J. BIBO & A. SCHNEIDER 1976). Ähnlich grundsätzlich und unter Berücksichtigung von schweizerischen und deutschen Standards, Richtlinien der EG und der WHO (Weltgesundheitsorganisation) sind die „Bemerkungen zu vorgeschriebenen und praktisch angewandten mikrobiologischen Wasseruntersuchungsverfahren" (FRESENIUS, R. E. 1979).

Nicht übergangen werden darf das große Engagement von Prof. W. FRESENIUS und Direktor W. SCHNEIDER bei der Ausarbeitung von Trink-, Tafel- und Heilwasser-Normen. Beide haben in unzähligen Ausschußsitzungen auf Bundesebene mit jeweils mehrjährigen Beratungen ihre persönlichen Erfahrungen und die des INSTITUTES FRESENIUS eingebracht. In der „Verordnung über Trinkwasser und über Brauchwasser für Lebensmittelbetriebe" (Trinkwasserverordnung/TVO) vom 1. Januar 1975 sind verbindliche Grenzwerte (maximal zulässige Konzentrationen) für Arsen, Blei, Chrom, Cyanide, Fluoride, Nitrate, Quecksilber, Selen, Sulfate, Zink und Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe sowie bakteriologisch für *Escherichia coli* und coliforme Keime festgelegt worden (FRESENIUS, W. 1976).

1977 wurden erste Erfahrungen mit der Umsetzung in die analytische Praxis bei FRESENIUS veröffentlicht (FRESENIUS, W., R. E. FRESENIUS & W. SCHNEIDER 1977). Auf den besonders problematischen Nitrat-Gehalt des Wassers hatte A. GEHRING schon 1959 hingewiesen (GEHRING, A. 1959f). Er zitiert in dieser Publikation Analysen des LABORATORIUMS FRESENIUS, die bei der Kontrolle eines Brunnenwassers 1950 eine Nitrat-Konzentration von 57 mg/l ergeben hatten. 1959 war sie in demselben Brunnen auf 349 mg/l (!) angestiegen. Erhöhte Nitrat-Belastungen waren zwischen 1959 und 1963 auch in Trinkwassergewinnungsanlagen des Rheingaukreises gemessen worden (STURM, G. & F. J. BIBO 1965).

Die TVO 1975 ist 1980 und ein zweites Mal 1986 unter Berücksichtigung der „Richtlinie des Rates der Europäischen Gemeinschaften" von 1980 neu gefaßt worden. Sie beginnt lapidar (§ 1): „Trinkwasser muß frei sein von Krankheitserregern" sowie (§ 2) „In Trinkwasser dürfen die in der Anlage 2 festgesetzten Grenzwerte für chemische Stoffe nicht überschritten werden".

Im Zusammenhang mit den einzelnen Fassungen sind im INSTITUT FRESENIUS eine in die Hunderte und darüber gehende Anzahl von chemischen und bakteriologischen Untersuchungen durchgeführt worden (FRESENIUS, W., W. SCHNEIDER, H. GORBAUCH & B. SCHOLZ 1982). Wegen dieses Umfangs ist es unmöglich, auf Einzelheiten einzugehen. Gleiches gilt für die Neufassung der „Verordnung über natürliches Mineralwasser, Quellwasser und Tafelwasser" vom 1. 8. 1984. Sie löst die Tafelwasserverordnung von 1934 ab. Ausführliche Kommentierungen, auch in bezug auf die Identifizierung von organischen Spurenstoffen in Heil- und Mineralwässern (FRESENIUS, W. & W. SCHNEIDER 1981), sind inzwischen erschienen (FRESENIUS, W. 1989; KUSSMAUL, H. 1989).

8. Forschungsschwerpunkte – Teil II

8.1 Mülldeponien, Sicker- und Grundwasser

Nach dem Mineral- und Heilwasser und der damit verbundenen intensiven Beratung von Brunnenbetrieben verlagerten sich die Schwerpunkte der Untersuchungen des INSTITUTES FRESENIUS zwischen 1960 und 1970 deutlich in Richtung Analytik von industriellen Produkten sowie von Haus- und Gewerbemüll, deren Deponierfähigkeit und den damit verbundenen Folgen für die Umwelt, vor allem das Grundwasser. Es zeigte sich, daß in den von Städten und Kommunalverbänden bevorzugten Großdeponien chemische Reaktionen in einem Umfang stattfinden, der selbst Fachleute überrascht hat.

Zur genaueren Untersuchung dieser Vorgänge wurde 1963 ein Untersuchungsprogramm aufgestellt und mit Unterstützung des Hessischen Ministers für Wirtschaft und Verkehr durchgeführt. Die Arbeiten wurden 1964 an zwei Deponien in Gebieten mit Porengrundwasserleitern auf der Niederterrasse des Mains (Frankfurt-Schwanheim und Großkrotzenburg) begonnen (NÖRING, F., G. FARKASDI, A. GOLWER, K. H. KNOLL, G. MATTHESS & W. SCHNEIDER 1968). Sie sind später auf die Abfallhalde im Frankfurter Stadtwald (Monte Scherbelino) ausgedehnt worden (GOLWER, A., K. H. KNOLL, G. MATTHESS, W. SCHNEIDER & K. H. WALLHÄUSSER 1976). Dort wurde auch eine spezielle Untersuchung der Mikroorganismen im Unterstrom der Deponie durchgeführt (GOLWER, A., K. H. KNOLL, G. MATTHESS, W. SCHNEIDER & K. H. WALLHÄUSSER 1972).

Im Mittelpunkt des Interesses standen Art, Transport, Wanderungsgeschwindigkeit und Reichweite der Ausbreitung dieser Verunreinigungen und ganz besonders das Verhalten der wasserlöslichen Bestandteile der festen Abfallstoffe im Grundwasser unter den örtlichen hydrogeologischen Verhältnissen. Die chemischen Analysen sind im CHEMISCHEN LABORATORIUM FRESENIUS, die hygienischen und bakteriologischen Untersuchungen von Fachinstituten der UNIVERSITÄT GIESSEN ausgeführt worden. Geologie, Hydrogeologie und andere bodenkundliche Fragen lagen in der Zuständigkeit des HESSISCHEN LANDESAMTES FÜR BODENFORSCHUNG.

Die untersuchten Deponien enthalten etwa 18,3 Mio m^3 (Stadtwald), 0,6 Mio m^3 (Großkrotzenburg) und 0,24 Mio m^3 (Schwanheim) Abfallstoffe (überwiegend Haus- und Gewerbemüll und Trümmerschutt, in Großkrotzenburg auch Industriemüll und Klärschlamm). Die Fließgeschwindigkeit des Grundwassers beträgt im Bereich aller drei Deponien im Mittel weniger als 1 m/Tag. Die Proben wurden aus Bohrbrunnen entnommen, die für die gestellte Aufgabe speziell ausgebaut und ausgestattet waren (Abb. 17).

Die Abbildung gibt einen Überblick über die Situation der Deponie bei Großkrotzenburg, 100–170 m nördlich des Mains. Die gestrichelten Zonen im oberen

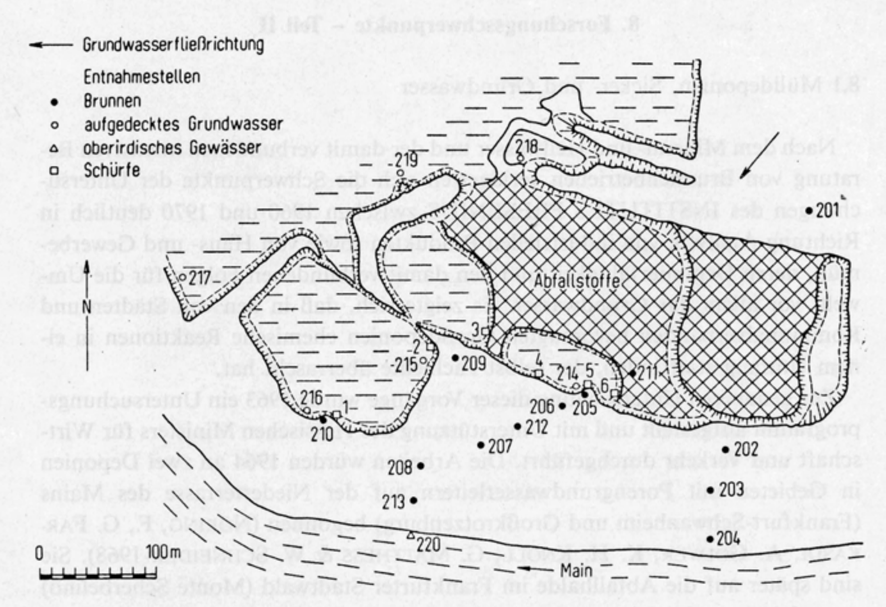


Abb. 17: Deponie Großkrotzenburg. Situationsplan und Wasserentnahmestellen (s. Text, S. 165)

Teil der Zeichnung stellen das offene Grundwasser der angrenzenden Kiesgruben dar. Die Tabelle auf den Seiten 168 und 169 ist einer Arbeit über die Analyse von Sickerwässern einer Hausmülldeponie mit Basisabdichtung (Weilbach im Main-Taunus-Kreis) entnommen (FRESENIUS, W., K.-H. KNOLL, H.-W. LEONHARDT, G. MATTHESS, H. TANGERMANN & W. SCHNEIDER 1977). Sie vermittelt einen Eindruck vom Ausmaß allein der spektrometrischen Analysen, die im INSTITUT FRESENIUS von den Chemieingenieuren HEINZ GORBAUCH und KLAUS MACHNER durchgeführt wurden. Darüber hinaus sind zahlreiche organische Schadstoffe bestimmt worden: chlorierte Pestizide, polychlorierte Biphenyle und Harnstoffherbizide, organische Summenparameter, Ammoniak, Kohlendioxid, Schwefelwasserstoff und Methan.

Als Ergebnis der jahrelangen Untersuchungen wurde festgestellt, daß bei den gegebenen örtlichen Verhältnissen (Fließgeschwindigkeit des Grundwassers, Vorfluter und luftdurchlässige Deckschichten) das verunreinigte Grundwasser über Entfernungen von einigen hundert Metern, gemessen vom Verunreinigungszentrum (Deponie), durch Verdünnung und natürliche, geochemische und biogeochemische Selbstreinigungsvorgänge praktisch wieder normalisiert wird (Abb. 18). Zusätzlich werden die Abbauvorgänge durch Zutritt von Luftsauerstoff in benachbarten Kiesgruben mit aufgedecktem Grundwasser intensiviert und damit

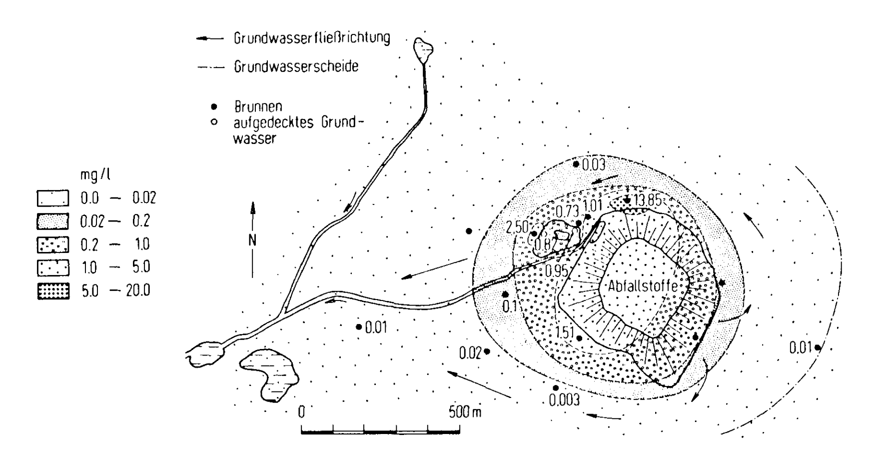


Abb. 18: Selbstreinigungskraft des Bodens am Beispiel der Deponie Frankfurter Stadtwald. Abnahme der Phenol-Konzentration nach wenigen 100 m vom Zentrum der Deponie (s. Text, S. 166)

die Reichweite der Grundwasserverunreinigung im Unterstrom herabgesetzt. In einer Abhandlung über „Selbstreinigungsvorgänge im aeroben und anaeroben Grundwasserbereich" wurden diese Vorgänge zusammenfassend dargestellt (GOLWER, A., G. MATTHES & W. SCHNEIDER 1969).

8.2 Schadstoffe in Müll-Lysimetern

Alle bisher beschriebenen Untersuchungen über Straßenabfluß- und Sickerwässer von Mülldeponien und die damit verbundenen Verunreinigungen des Grundwassers (6.1–3; 8.1) waren Felduntersuchungen, die an die gegebenen Realitäten vor Ort gebunden sind. Bestimmte grundsätzliche Fragen lassen sich besser durch eine systematische Versuchsanordnung beantworten. Diesem Zweck diente ein interdisziplinäres Forschungsprojekt, das auf dem Gelände der Mülldeponie Braunschweig in Zusammenarbeit mit dem LEICHTWEISS-INSTITUT FÜR WASSERBAU der Technischen Universität Braunschweig durchgeführt wurde (FRESENIUS, W., W. SCHNEIDER, H. GORBAUCH & H. H. RUMP 1982).

Für 8 verschiedene Betriebsformen von Deponien mit und ohne Klärschlammzusatz, mit und ohne Verdichtung, aerob und anaerob wurden die Umsetzungs- und Abbauvorgänge untersucht. Als Schwerpunkt ist die Messung der anfallenden Sickerwässer in den verschiedenen Deponietypen und deren möglichst vollständige Analyse hinsichtlich der anorganischen und organischen Belastung zu

Tabelle,zweimal ganzseitig auf gegenüberliegenden Seiten

Strang I	In größeren Mengen	In geringeren Mengen	In Spuren
27. 11. 1970	Ca, Na, K	Mg, Fe, Mn, Sr, B, Si, Zn, Pb	Ag, Cu, Ni, Cr, Al
29. 1. 1971	Ca, Na, K, Mg	Al, Fe, Mn, Sr, B, Si, Zn	Pb, Ag, Cu, Ni, Cr, Sn, Co, Ti, Ba
26. 3. 1971	Ca, Na, K, Mg	Fe, Mn, Si, Sr, B, Al	Zn, Pb, Ag, Cu, Cr, Ba
19. 5. 1971	Na, K, Ca, Mg	Fe, Mn, Si, Sr, B, Al, Cr, Cu	Zn, Pb, Ag, Be
22. 9. 1971	K, Na, Ca, Mg, Fe	Mn, Sr, Cr B, Al, Zn, Ba, Si	Cu, Ni, Sn, Pb, As
10. 11. 1971	Ca, Mg, K, Na	Si, Al, Fe, B, P	Sr, Cu, Cr, Mn, Ni, Ti, Ba, Zn, Ag,Co, Sn
24. 5. 1972	Mg, Ca, K, Na	Fe, Si, Al, B	Cr, Sr, Mn, Ni, Cu, Zn, Ag, Ti, Co, V, Sn
21. 6. 1972	Mg, K, Ca, Na	Si, Al, B, P	Fe, Sr, Cr, Ni, Cu, Sn, Ti, Mn, V, Ba
19. 7. 1972	K, Na, Mg, Ca, Si	Al, Fe	Cr, Sr, Ni, B, P, Cu, Zn, Mn, Sn, V, Ag, Ti, Co, Pb, Ba
16. 8. 1972	K, Na, Mg, Ca, Si	Al, Fe	Cr, Sr, B, P, Si, V, Cu, Ni, Ti, Sn, Ba
13./14. 9. 1972	K, Na, Mg, Ca, Si	Fe, Al, B, Cr	Sr, Sn, V, Ni, P, Cu, Mo, Ti
11./12. 10. 1972	K, Na, Mg, Ca, Si	Fe, Al, B, Cr	Sr, Mn, Ni, Cu, V, Sn, Ti, Pb, Mo, Zn, Ag
15./16. 11. 1972	Mg, Ca, K	Na, Si, Fe, Al, Sr	Cr, B, Cu, Ni, Ba, Ti Sn, V, Co, Mn
21. 8. 1973	Na, K	Ca	Mg, Si, B, Fe, Sr, Al, Ba, Cu, Cr, V, Sn
18. 9. 1973	Na, K	Ca, Mg	B, Fe, Si, Sr, Ba, Al, Cr, Ni, Cu, Se, Pb, V
23. 10. 1973	K, Na	Ca	Mg, Si, B, Al, Fe, Cr, Sr, Ba, Ti, Pb, V, Mn, Cu, Sn, Ni, Ag

Strang II			
27. 11. 1970	Na, K	Ca, Mg, B, Sr, Fe, Al, Si, Ni, Ag, Cu, Zn	Pb, Cr, Mn, V
29. 1. 1971	Na, K, Ca, Mg	Al, B, Sr, Mn, Fe, Si, Ni, Ag, Cu, Zn	Pb, Cr, Co, Sn, Ba, Ti
26. 3. 1971	Na, K, Ca, Mg	Fe, Si, Mn, B, Sr, Al, Zn	Pb, Cr, Cu, Ag, Ba, Ti
19. 5. 1971	Na, K, Ca, Mg	Fe, Mn, B, Sr, Cu, Cr, Zn, Bi, Si	Pb, Al, Ni, Ag, Ba
22. 9. 1971	K, Na, Ca, Mg, Fe	Mn, Sr, Cr, B, Si, Al, Zn, Ba	Cu, Ni, Sn, Pb, As
10. 11. 1971	Ca, Mg, K, Na	Si, Al, Fe, B, P	Sr, Cu, Cr, V, Ni, Ti, Ba, Ag, Mn, Co, Sn
24. 5. 1972	Mg, Ca, K, Na	Fe, Si, Al, B	Cr, Sr, Mn, Ni, Cu, Zn, Ag, Ti, Co, V, Sn
21. 6. 1972	Mg, K, Ca, Na	Si, Al, B, P	Fe, Sr, Cr, Ni, Cu, Sn, Ti, Mn, V, Ba
19. 7. 1972	K, Na, Mg, Ca, Si		Al, Fe, Cr, Sr, Ni, B, P, Cu, Mn, Sn, V, Ag, Zn, Ti, Pb, Ba
16. 8. 1972	K, Na, Mg, Ca, Si		Al, Fe, Cr, Sr, B, P, Ag, V, Cu, Ni, Ti, Sn, Ba
13./14. 9. 1972	K, Na, Mg, Ca, Si	Fe, Al, B, Cr	Sr, Mn, Ni, Ag, Mo, Ti, V, P, Cu, Ba, Sn, Zn, Pb
11./12. 10. 1972	K, Na, Mg, Ca, Si	Fe, Al, B, Cr	Sr, Mn, Ni, Cu, V, Sn, P, Ti, Pb, Mo, Zn, Ag
15./16. 11. 1972	Ca, K, Na, Mg	Fe, Sr, Mn	Al, B, Si, Ni, Ba, Cu, Cr, Pb, Sn
21. 8. 1973	Na, K	Ca	Mg, Si, B, Fe, Sr, Al,Ba, Cu, Cr, Ni, V, Sn, Mn, Pb
18. 9. 1973	Na, K	Ca	Mg, B, Fe, Si, Sr, Ba, Al, Cr, Ni, Cu, Se, Pb

Tabelle Ergebnisse der qualitativen Spektralanalyse der Eindampfrückstände der Sickerwässer der Deponie Weilbach (Quarzspektrograph, Bogenanregung, photografische Registrierung der Spektren) (Die Elemente sind nach fallender Intensität des spektrographischen Nachweises geordnet)

sehen. Vorher war der eingesetzte Hausmüll nach Sortierung umfassend analysiert worden, ebenso der ausgewählte kommunale Klärschlamm.

Für diese gezielten Untersuchungen wurden 10 speziell entwickelte Lysimeter (Abb. 19) gebaut, je einer zur Simulation eines bestimmten Deponietyps. Bei 5 m Durchmesser sind sie im Endausbau 4–6 m hoch und können bis zu ca. 100 Tonnen Abfall aufnehmen. Die Wände sind stauchbar, eine Dämmung durch geschäumte Kunststoffe vermindert die Wärmeabgabe, um exotherme Umsetzungsprozesse im Lysimeterinnern nicht zu beeinträchtigen. Anorganische Schadstoffe, Galvanikschlamm, Phenole, Cyanide und Pestizide wurden in bekannten Mengen eingebaut, um ihren Verbleib, gelöst oder ungelöst, im Sickerwasser und in den entstehenden Gasen vergleichend bestimmen zu können (SCHNEIDER, W., H. GORBAUCH & H. H. RUMP 1981).

Probenahmen und Analysen wurden im wesentlichen nach den Arbeitsvorschriften des unter 7.3 beschriebenen METHODENBUCHES ausgeführt. Die aus den Lysimetern ablaufenden Sickerwässer wurden in künstliche, je 100 m lange Grundwassergerinne eingespeist, um das Verhalten der Schadstoffe während der Grundwasserpassage modellhaft untersuchen zu können (vgl. dazu auch BETZ, V. et al. 1983). Außer der Fülle des nur mit Hilfe von Computern

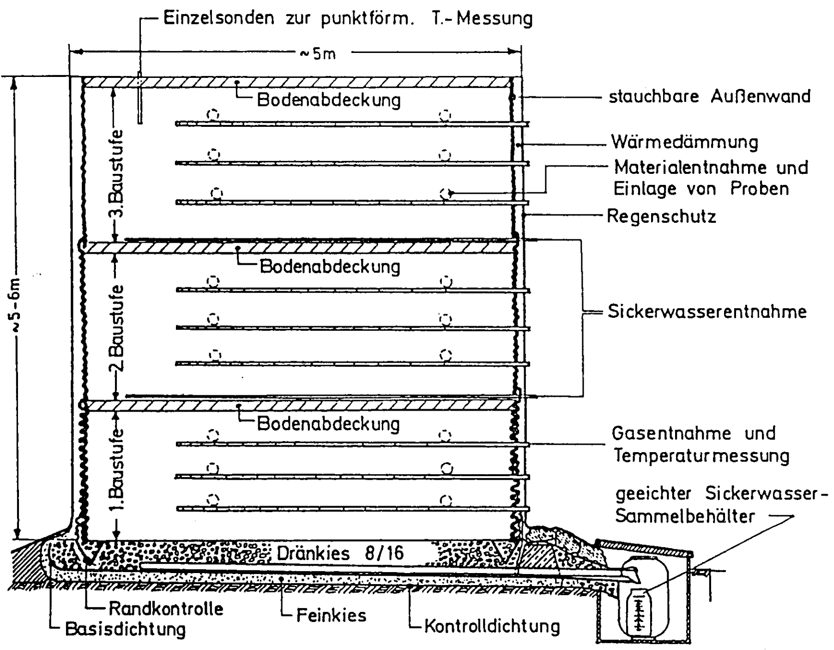


Abb. 19: Müll-Lysimeter zur Simulation der Prozesse in natürlichen Mülldeponien (s. Text, S. 170)

zu bewältigenden Datenmaterials ist die Zonierung der Reinigungsvorgänge im verunreinigten Grundwasser bemerkenswert: In der Reduktionszone wird (bei Abwesenheit von freiem Sauerstoff) der chemisch in Nitraten und Sulfaten gebundene Sauerstoff von Mikroorganismen für oxidative Abbaureaktionen genutzt. Das Vorkommen von Schwefelwasserstoff, Sulfiden, erhöhte Ammoniumwerte sowie das Auftreten von 2wertigem Eisen sind typisch.

In einer Übergangszone findet sich gelegentlich bereits wieder freier Sauerstoff. Eisen liegt zum Teil in gelöster zweiwertiger Form und zum Teil in der schwerlöslichen dreiwertigen Stufe vor. Schwefelwasserstoff und Sulfide sind nur noch in Spuren nachweisbar. Geringe Konzentrationen an Nitraten und Sulfaten mit ansteigender Tendenz. In der Oxidationszone ist immer freier gelöster Sauerstoff vorhanden. Man findet kaum noch gelöstes zweiwertiges Eisen, während der Hauptteil des Eisens als Eisen(III)-hydroxid ausgefallen ist und dabei durch Mitfällungsreaktionen die aus den Abfällen gelösten Schwermetalle fixiert hat. Es bildet sich eine aerobe Mikrobiozönose aus.

9. Eine neue Generation tritt an

Seit Anfang der achtziger Jahre ist eine langsame Änderung sowohl der Organisationsstruktur als auch der Konzeption und Zielsetzung der analytischen Arbeit zu erkennen. Sie ist verbunden mit einer Verschiebung der Verantwortlichkeiten auf selbständigere Zentren innerhalb des INSTITUTES FRESENIUS. Neben der chemischen Analytik und mikrobiologischen Untersuchung im Laboratorium nehmen größere Forschungsprojekte mit regionalen und länderübergreifenden Explorationen, die schließlich in die Beantwortung gezielt angesetzter Fragen, meist aus dem Umweltbereich, münden, einen breiten Raum ein. Damit verbunden ist eine völlig neue Art von analytischen Aufgaben, die, eine Folge der immer weitergehenderen Computerisierung, nur noch mit Hilfe von umfangreichen Rechnerprogrammen zu lösen sind. Man faßt sie neuerdings unter dem Oberbegriff „Chemometrie“ zusammen.

Mit dieser Problematik hat sich bei FRESENIUS zuerst eine Arbeitsgruppe mit den Herren Dr. H. H. RUMP, Dr. B. SCHOLZ, V. BETZ und Prof. Dr. H.-R. SCHULTEN befaßt (KRUTZ, H. & RUMP, H. H. 1984; RUMP, H. H., J. M. HALKET & H. KRUTZ 1984; RUMP, H. H., G. FISCHER & T. GILLES 1985; RUMP, H. H., H. KRUTZ & H.-R. SCHULTEN 1986; BETZ, V., H. H. RUMP & B. SCHOLZ 1987; RUMP, H. H. 1988a). Heute werden anspruchsvollere Forschungsvorhaben nur noch mit Hilfe solcher chemometrischer Methoden in Angriff genommen, z. B. „Mustererkennung (Pattern Recognition) zur Bestimmung ausgewählter organischer Schadstoffe in Wasser und Umwelt“ (RUMP, H. H., H. KRUTZ & H.-R. SCHULTEN 1987), um nur ein Beispiel unter vielen zu nennen.

Mit dem Übergang zu der veränderten Konzeption hinsichtlich Zielsetzung, zum Teil aber auch der analytischen Methodik, hat sich in Taunusstein ein Generationswechsel vollzogen. Eine neue Generation von jungen Wissenschaftlern ist angetreten und mehr und mehr in verantwortliche Positionen aufgerückt. Sie haben nach dem Studium der Chemie, Biochemie, Mikrobiologie, Geochemie, Hydrogeologie und Ökologie oder verwandter, in bestimmte Richtungen spezialisierter Studiengänge, einschließlich des selbstverständlichen Umgangs mit Computern und EDV, die Leistungsbreite des INSTITUTS FRESENIUS erheblich erweitert. Diese Entwicklungen sind noch im Fluß. Daher können aus dem umfangreichen Material nur einige Themenschwerpunkte ausgewählt werden. Sie vermitteln aber, wenn auch sehr verkürzt, einen Eindruck von Art und Richtung, in der diese Arbeiten in die moderne Umweltdiskussion eingebunden sind.

9.1 Trinkwassergefährdung durch chlorierte Kohlenwasserstoffe

Von diesen Arbeiten wird hier ein Projekt ausgewählt, bei dem das INSTITUT FRESENIUS zwar nur an bestimmten analytischen Fragestellungen beteiligt war (Leitung: Prof. Dr. H. KUSSMAUL), das aber sehr anschaulich die große, auch wirtschaftliche Bedeutung eines solchen Projektes zeigt. Es handelt sich um Voruntersuchungen zur Sanierung einer Trinkwassergewinnungsanlage nordwestlich von Koblenz, deren Trinkwasserentnahmebrunnen durch den mit leichtflüchtigen Chlorkohlenwasserstoffen (CKW) verunreinigten Grundwasserstrom akut gefährdet war (Abb. 20). Die CKW, vor allem Trichlorethen und Tetrachlorethen, stammen aus einem im Oberstrom des Grundwassers gelegenen Industriegebiet (KUSSMAUL, H., H. SIMON, H. MOSER, W. STICHLER, H. ZENZ, K. ZIPFEL & G. BATTERMANN 1988).

Das Untersuchungsgebiet ist ein Teil des Neuwieder Beckens, weist im oberflächennahen Untergrund 8–20 m mächtige quartäre Kiesablagerungen auf, die einen 6–12 m mächtigen Porengrundwasserleiter bilden. Die undurchlässige Sohleschicht wird von devonischen Ton- und Grauwackenschiefern und tertiären Tonen gebildet. Die Wasserentnahmen der Trinkwasserbrunnen werden aus dem Grundwasserreservoir durch Uferfiltration im ständigen hydraulischen Kontakt mit Rhein und Mosel ausgeglichen.

Zunächst wurden mit Hilfe von Isotopenmessungen ($^{18}O/^{2}H$-Verhältnis) die unterschiedlichen Anteile von Rhein- und Moselwasser am Grundwasser und damit die Strömungsrichtung des Grundwassers bestimmt. Daraus wurde ein Strömungs- und Transportmodell berechnet mit Hinweisen auf die Ausbreitungsrichtung und -geschwindigkeit der CKW-„Fahne“ im Porengrundwasserleiter. Die Konzentrationsbestimmung der CKW in den nach einem genau festgelegten Rasterschema entnommenen Wasserproben erfolgte durch Kapillar-Gaschromatographie (s. 9.2).

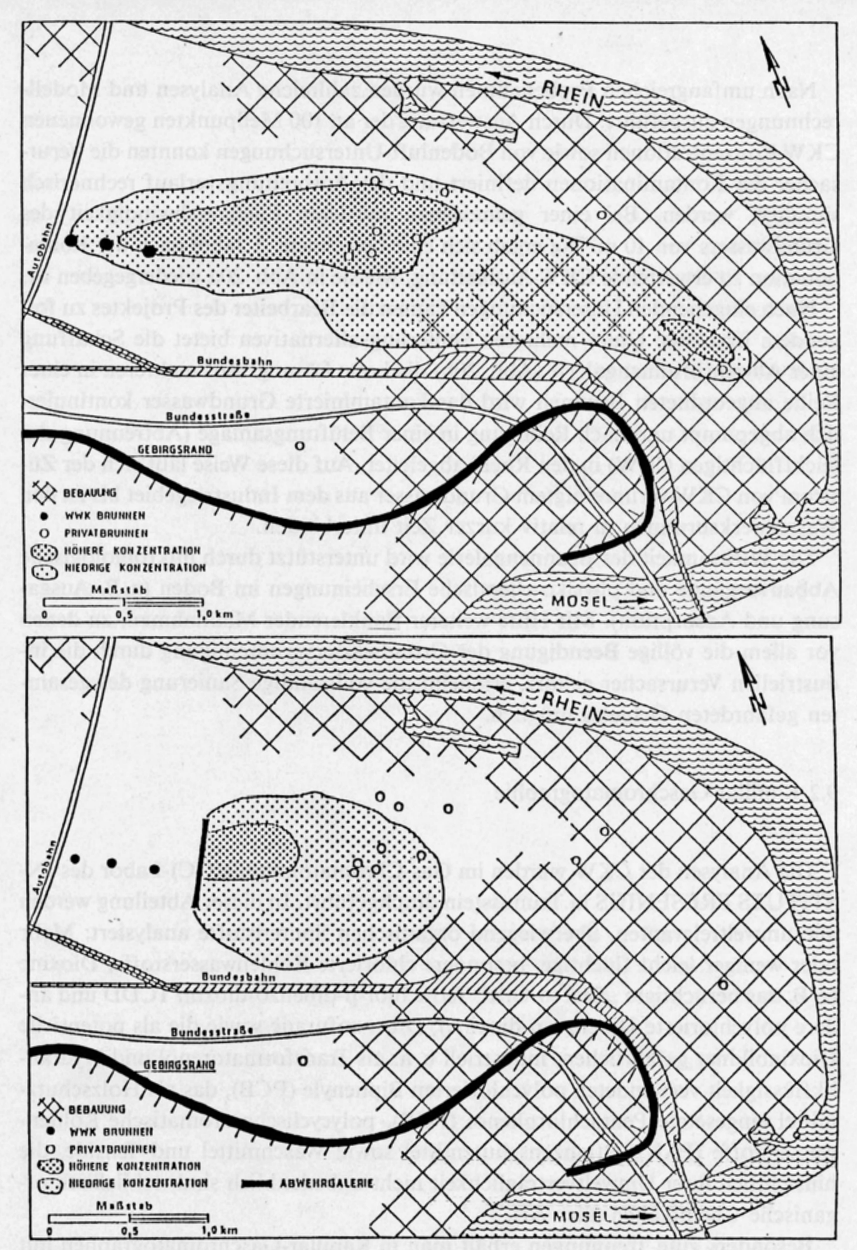


Abb. 20: Grundwasserverunreinigung mit chlorierten Kohlenwasserstoffen im Einzugsgebiet von Wasserwerksbrunnen bei Koblenz (s. Text, S. 172). Oben: Ausbreitung der Kontaminationsfahne nach 5 Jahren (berechnet). Unten: Abschirmung des kontaminierten Grundwassers durch eine Brunnengalerie vor den Wasserwerksbrunnen

Nach umfangreichen Probenahmen wurden zahlreiche Analysen und Modellrechnungen ausgeführt. Durch Auswertung der an 100 Meßpunkten gewonnenen CKW-Konzentrationen sowie von Bodenluft-Untersuchungen konnten die Verursacher der Kontaminationen definiert und der Ausbreitungsverlauf rechnerisch simuliert werden. Bei einer gemessenen mittleren Fließgeschwindigkeit des Grundwassers von 10 m/Tag ergab sich eine berechnete, 5 Jahre nach der Kontamination zu erwartende CKW-Ausbreitung, wie sie in Abb. 20a wiedergegeben ist.

Nach eingehenden Untersuchungen kamen die Bearbeiter des Projektes zu folgendem Ergebnis: Unter mehreren Sanierungsalternativen bietet die Schaffung einer Abwehrbrunnengalerie (Abb. 20b) die beste Lösung. Aus mehreren in einer Reihe angeordneten Brunnen wird das kontaminierte Grundwasser kontinuierlich abgepumpt und nach Reinigung in einer Belüftungsanlage (Abtrennung der leichtflüchtigen CKW) in den Rhein abgeleitet. Auf diese Weise läßt sich der Zustrom von CKW-verunreinigtem Grundwasser aus dem Industriegebiet bis zu den Wasserwerksbrunnen in relativ kurzer Zeit unterbinden.

Die Wirksamkeit der Brunnengalerie wird unterstützt durch mikrobiologische Abbauvorgänge und physiko-chemische Erscheinungen im Boden (z. B. Ausgasung und Adsorption). Mit Hilfe weiterer flankierender Maßnahmen, zu denen vor allem die völlige Beendigung der Grundwasserverunreinigung durch die industriellen Verursacher gehört, erscheint die vollständige Sanierung des gesamten gefährdeten Gebietes möglich.

9.2 Kapillar-Gaschromatographie

Die Analysen der CKW wurden im Gas-Chromatographie(GC)-Labor des INSTITUTS FRESENIUS in Taunusstein durchgeführt. In dieser Abteilung werden alle umweltrelevanten, überwiegend organischen Spurenstoffe analysiert: Mehr oder weniger leicht flüchtige, besonders chlorierte Kohlenwasserstoffe, Dioxine (z. B. das berüchtigte „Seveso-Gift“ Tetrachlor-p-dibenzo-dioxin/TCDD und andere polychlorierte Dibenzo-p-dioxine), Dibenzofurane sowie die als potentielle Dioxinbildner gefährlichen, industriell u. a. als Transformatorenöl und Hydraulikflüssigkeit verwendeten polychlorierten Biphenyle (PCB), das als Holzschutzmittel eingesetzte Pentachlorphenol (PCP), polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), Pflanzenschutzmittel sowie Waschmittel und Tenside, die hinsichtlich ihrer Umweltverträglichkeit nicht unbedenklich sind; schließlich organische Chemikalien aller Art.

Besonders gute Trennungen erhält man in Kapillar-Gaschromatographen mit Säulen bis 50 m Länge und einem inneren Durchmesser von weniger als 0,5 mm (Kapillaren). Die in diesen Säulen getrennten Verbindungen werden in Detektoren, entweder durch Flammenionisation (FID), Elektroneneinfang (ECD) oder

massenspektrometrisch (MSD) identifiziert und mengenmäßig bestimmt. Unter der Leitung von Dr. B. SCHOLZ und dem EDV-Spezialisten V. BETZ wird aber auch ständig an der Verbesserung der Analysenmethoden (Selektivität, Empfindlichkeit, Richtigkeit und Wiederholbarkeit), überwiegend unter Einsatz von „EDV und Systemintegration zur On-Line-Spurenanalytik von Wasser" (BETZ, V., H. H. RUMP & B. SCHOLZ 1988) und an der Erweiterung der Anwendungsmöglichkeiten gearbeitet.

Der Arbeitsumfang dieser Abteilung kann durch einige Titel von Veröffentlichungen nur angedeutet werden: „Bestimmung der leichtflüchtigen Halogenkohlenwasserstoffe in Wasserproben mit Kapillar-Gaschromatographie" (SCHOLZ, B., V. BETZ & H. H. RUMP 1984) (Abb. 21); „Bestimmung von Pestiziden sowie polychlorierten Bi- und Terphenylen in Wasserproben mittels Gaschromatographie" (B. SCHOLZ 1986); „Determination of substituted aromatic amines in water and sediment samples" (SCHOLZ, B. & N. PALAUSCHEK 1988). Ein gutes Beispiel für die wissenschaftlich zur Absicherung von Analysenergebnissen notwendigen „Hausaufgaben" stellt die Arbeit „Chromatographische Analyse –

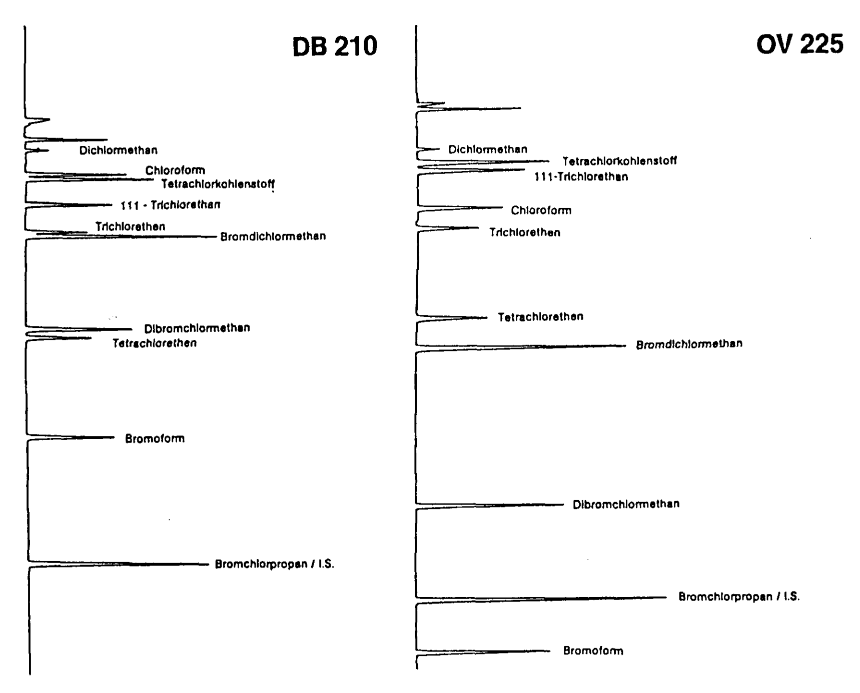


Abb. 21: Kapillar-Gaschromatogramm von chlorierten und bromierten Kohlenwasserstoffen

Absicherung von Meßergebnissen und Diskussion verschiedener Eichverfahren" (SCHOLZ, B., V. BETZ, P. LAUBEREAU, D. BAUMGARTEN & H. HAGENGUTH 1985) dar.

Daß bei dieser umweltorientierten Arbeit immer auch die traditionelle Trink-, Mineral- und Heilwasseranalytik mitberücksichtigt wird, belegen Publikationen wie „Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel im Wasser – ein Problem für natürliche Heilwässer?" (KUSSMAUL, H., B. SCHOLZ & W. FRESENIUS 1988) oder „Reaktionsverhalten polychlorierter Dibenzo-p-dioxine und polychlorierter Dibenzofurane bei der Ozonung von Wässern" (PALAUSCHEK, N., H. H. RUMP & B. SCHOLZ 1987). Schließlich stehen auch die als Treibgase verwendeten Fluorchlorkohlenwasserstoffe, die für die Zersetzung der Ozonschicht der Erdatmosphäre verantwortlich gemacht werden, auf der Arbeitsliste des INSTITUTS FRESENIUS (KUSSMAUL, H. & M. HEGAZI 1977; SCHOLZ, B. & K. BALLSCHMITER 1980). Eine Studie über Eintrag, Transport und Abbauverhalten von Fluorchlorkohlenwasserstoffen in Boden und Grundwasser (VERHOEVEN, W. & H. H. RUMP 1989) ist erst kürzlich abgeschlossen worden.

9.3 Das Nagra-Projekt

Dem Schutz des Menschen und seines Lebensraumes als ganzem dient ein geowissenschaftliches Erkundungsprogramm, das seit mehreren Jahren von der schweizerischen „Nationalen Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle" (Nagra) in der Nordschweiz durchgeführt wird. Ziel dieser umfassenden Untersuchung ist es zu klären, ob die Voraussetzungen für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle in dieser Region vorhanden sind. Innerhalb des Programmes hatte das INSTITUT FRESENIUS umfangreiche chemische und biologische Wasseranalysen und deren Probenahme aus Tiefbohrungen (1800 bis 2400 m Tiefe) durchzuführen. Zusätzlich wurden die Vorkommen von Mineralwässern und Thermen flächendeckend erfaßt. 17 bedeutende Mineralquellen und Thermen werden längerfristig im Hinblick auf Schwankungen der Wasserzusammensetzung überwacht.

Die Grundidee der ganzen Untersuchung ist darin zu sehen, daß zu einem Zeitpunkt, zu dem noch keine radioaktiven, chemischen oder sonstigen Abfälle in größeren Tiefen gelagert sind, Ist-Messungen durchgeführt werden. Nur vor dem Hintergrund dieser Grundlastwerte kann später eine Veränderung erkannt werden, wenn es zur Ausführung der Endlagerungspläne kommen sollte. Professor KUSSMAUL hat als Projektleiter für die Wasseruntersuchungen über bestimmte Probleme, die bei diesen Arbeiten aufgetreten sind, zwei Berichte vorgelegt (KUSSMAUL, H. & O. ANTONSEN 1985; KUSSMAUL, H. 1987), auf die wegen der aktuellen Bedeutung des dem vorbeugenden Strahlenschutz der Bevölkerung dienenden Projektes wenigstens hingewiesen werden soll.

9.4 Saurer Regen, Bodenversauerung und Waldschaden

Die Ursachen des Waldsterbens sind sehr komplex. Viele Einzelheiten sind noch nicht ausreichend erforscht. Daß dabei auch Ozon, dreiatomiger Sauerstoff (O_3), eine Rolle zu spielen scheint, wurde in der masenspektrometrischen Forschungsabteilung/Abteilung Spurenanalytik des INSTITUTES FRESENIUS nachgewiesen (RUMP, H. H. & H.-R. SCHULTEN 1984). In diesem Labor werden hochmolekulare Naturstoffe durch (laserangeregte) Ionisations- und Felddesorptions-Massenspektrometrie schonend, d. h. weitgehend unzersetzt analysiert (SCHULTEN, H.-R., U. BAHR & P. B. MONKHOUSE 1983).

In weiteren Arbeiten wird gezeigt, daß unter dem Einfluß von Ozon, Stickstoffoxiden und anderen Schadstoffen, die durch die energiereiche Ultraviolett-Strahlung der Sonne in der Atmosphäre gebildet oder aggressiv verändert werden, die epicutilare Wachsschicht der Fichtennadeln und andere Pflanzeninhaltsstoffe erheblich geschädigt werden (N. SIMMLEIT, H. H. RUMP & H.-R. SCHULTEN; SCHULTEN, H. R., K. E. MURRAY & N. SIMMLEIT 1987; SCHULTEN, H.-R. & N. SIMMLEIT 1987; SIMMLEIT, N. & H.-R. SCHULTEN 1989; SCHULTEN, H.-R., N. SIMMLEIT & R. MÜLLER 1989).

Außer dieser Schädigung der oberirdischen Pflanzensubstanz wird der Wald aber auch vom Wurzelwerk her beeinträchtigt. Der industrielle Schadstoffausstoß schlägt sich in Form von Trocken- und Naßdeposition (Abb. 22) auf Pflanzen und Böden nieder und wirkt sich letztlich als saure Last auf Boden und Untergrund aus. Die Schadstoffe greifen das Wurzelwerk der Bäume an. Außerdem haben sie auch negative Folgen auf die Qualität des Grundwassers. Kritische Indikatoren sind hier vor allem der pH-Wert (Wasserstoffionen-Konzentration) und

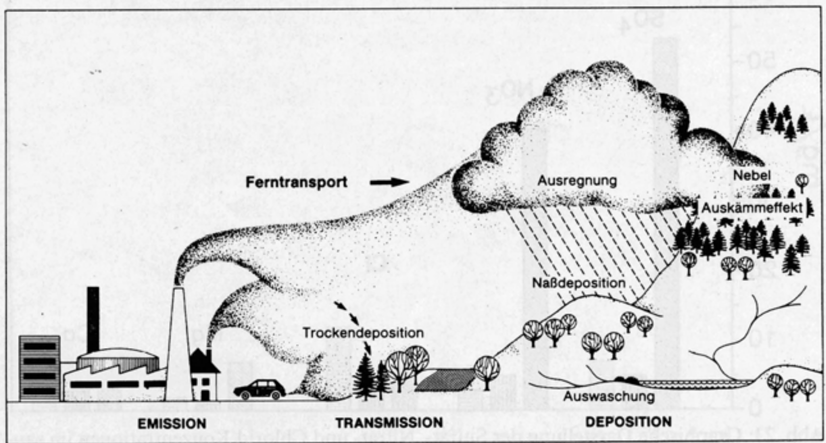


Abb. 22: Schematische Darstellung von Transport und Deposition von Schadstoff-Emissionen in der Umwelt

die Konzentrationen an Hydrogencarbonat, Sulfat, Nitrat, Chlorid und Calcium (KUSSMAUL, H., A. AL-AZAWI & T. CORDT 1987, 1988) (Abb. 23).

Unterstützt wird die Aufklärung der Veränderungen des Ökosystems Luft-Pflanze-Erde durch die Untersuchung der Humusbildung (Humifizierung) des Waldbodens unter normalen und sauren Bedingungen. Auch hierzu sind im INSTITUT FRESENIUS in den letzten Jahren eingehende Studien durchgeführt und veröffentlicht worden (HEMPFLING, R., F. ZIEGLER, W. ZECH & H.-R. SCHULTEN 1987; POST, B., R. HEMPFLING, H. KLAMBERG & H.-R. SCHULTEN 1988; R. HEMPFLING, W. ZECH & H.-R. SCHULTEN 1988; SCHULTEN, H.-R., R. HEMPFLING & W. ZECH 1988). Diese Untersuchungen sind in Zusammenarbeit mit Wissenschaftlern der Chinesischen und Polnischen Akademien der Wissenschaften auf die Charakterisierung von Kohle ausgedehnt worden. Deren Zusammensetzung ist für die Eignung bestimmter Kohlesorten zur Kohleverflüssigung von großem technischem Interesse (WANG XIANGMING, A. MARZEC & H.-R. SCHULTEN 1989; H.-R. SCHULTEN, N. SIMMLEIT & A. MARZEC 1988).

9.5 Sanierung von Altlasten

Altablagerungen und Altstandorte sind seit einiger Zeit Begriffe, die in den Mittelpunkt der öffentlichen Diskussion geraten sind. Im Vordergrund steht da-

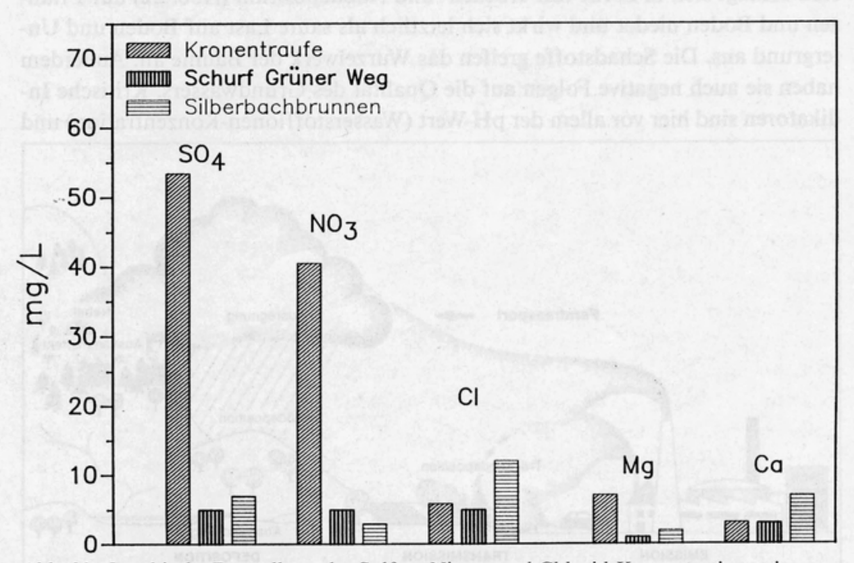


Abb. 23: Graphische Darstellung der Sulfat-, Nitrat- und Chlorid-Konzentrationen im sauren Regen (linke Säule), im Erdboden (mittlere Säule) und in einem Grundwasser-gespeisten Tiefbrunnen (rechte Säule). Meßstellen im Gebiet des Hochtaunus.

bei die Gefährdung von Wasser (Grund- und Oberflächenwasser), Boden und Luft durch Einflüsse gewerblicher und häuslicher Abfallstoffe sowie von Produktionsrückständen spezieller Industriezweige, die lange Zeit, bevor die von ihnen ausgehende Umweltgefahr erkannt und beachtet worden war, in den Erdboden gelangt sind. Welche Gefahren von diesen Stoffen an Ort und Stelle ausgehen, hängt von der Menge, den physikalischen und chemischen Eigenschaften und den im Abfallkörper ablaufenden chemischen und biologischen Prozessen, vom Deponiealter und vom Grad der Verdichtung ab.

Die Mitarbeit bei der Sanierung von Altlasten gehört ebenfalls zum Leistungsangebot des INSTITUTS FRESENIUS. Völlig neu ist dieses Arbeitsgebiet jedoch nicht. Die Untersuchungen der Deponien im Untermaingebiet sind hier als Vorarbeiten anzusehen. Neuland stellen aber die sanierungsbedürftigen Altlast-Areale dar, die auf nicht entsorgte ehemalige Industriestandorte zurückgehen: Aufgelassene Kokereien, Gaswerke, Lackierereien, Gelände ehemaliger Galvanisier- und Metallverarbeitungsbetriebe, von Öl-Raffinerien und petrochemischen Fabriken, aber auch mit Erde abgedeckte, vor vielen Jahren unkontrolliert abgelagerte Haus- und Gewerbemülldeponien unbekannter Zusammensetzung.

In Taunusstein ist für diese Aufgaben ein ganzes Team von jungen Wissenschaftlern zuständig. Neben H. GORBAUCH und Dr. H. H. RUMP, die in der Nachfolge des inzwischen in den Ruhestand getretenen Institutsdirektors Dr. WILHELM SCHNEIDER dessen Arbeiten mit großem Erfolg fortführen, ist Dipl.-Ing. agr. Dr. K. HERKLOTZ mit der Erstellung eines Konzeptes und mit der Durchführung von Bestandsaufnahmen von Altlasten befaßt. Seine Dissertation „Sorptions- und Mobilitätsverhalten von ausgewählten Pestiziden in Hausmüll, Böden und Porengrundwasserleitern" (Braunschweig 1984) enthält im Literaturverzeichnis mehrere Publikationen von A. GOLWER/G. MATTHES/W. SCHNEIDER. Hier wird erkennbar, um auch auf diese Zusammenhänge einmal hinzuweisen, wie der Berufsweg eines jungen Doktoranden durch das Thema seiner Dissertation vorgezeichnet und die Anlaufstelle für seinen ersten Arbeitsplatz dadurch schon vorgegeben sein kann.

Ein geographischer Schwerpunkt der Altlasten-Vorkommen liegt im Ruhrgebiet. Kohlezechen und Stahlkonzerne haben unter dem Zwang der Modernisierung und räumlichen Schrumpfung zahlreiche Flächen freigegeben, die als Deponien für metallurgische, petrochemische und verwandte Abfälle gedient hatten. In den Untergrund alter Fabrikationsstätten sind Öle, Säuren und andere ätzende Flüssigkeiten eingedrungen, die beseitigt werden müssen, da von ihnen sonst große Gefahren für Menschen, Tiere und Pflanzen ausgehen. Um vor Ort besser präsent zu sein, hat FRESENIUS 1987 in Dortmund ein Zweiglaboratorium eröffnet, das sich in besonderem Maße, wenn auch nicht ausschließlich, diesen Aufgaben widmet.

Diese Aktivitäten befinden sich noch in der Aufbauphase. Es liegen jedoch schon einige beachtliche Ergebnisse vor. Bemerkenswert ist, daß die Grundlagen auch für dieses Arbeitsgebiet zurückgehen auf frühere gemeinsame Untersuchungen des INSTITUTS FRESENIUS und des HESSISCHEN LANDESAMTES FÜR BODENFORSCHUNG. Arbeiten, die in den siebziger Jahren publiziert wurden, sind: „Einflüsse von Abfalldeponien auf das Grundwasser (GOLWER, A., G. MATTHES & W. SCHNEIDER 1971) sowie „Belastungen und Verunreinigungen des Grundwasserleiters durch feste Abfallstoffe" (GOLWER, A., K. H. KNOLL, W. SCHNEIDER & K. WALLHÄUSER 1976).

Aus neuerer Zeit sind zu nennen: „Erkennen und Bewerten von Altlasten im Hinblick auf die Sanierung (HERKLOTZ, K., T. CORDT & H. H. RUMP 1987), „Kontamination der Deckschichten durch Altlasten und Deponien" (RUMP, H. H. 1988b) und „Schrittfolgen der Analytik zur Ermittlung unbekannter (Altlast-)Belastungen" (RUMP, H. H. 1988c). Zur Zeit sind zahlreiche Untersuchungen von Boden und Grundwasser an Standorten ehemaliger Gaswerke, Kokereien, metallverarbeitenden und petrochemischen Betrieben im Gang (RUMP, H. H., K. HERKLOTZ & T. CORDT, persönliche Mitteilung). Abb. 24 zeigt die Verteilung der Cyanid-Konzentration in der Fläche eines ehemaligen Gaswerkes (Raster von 60 Bohrungen bis 5 m Tiefe), (a) im Untergrund (Verfüllung während des Gaswerkbetriebs), (b) in der (nachträglichen) Abdeckung. In Abb. 25 sind (links) die zweidimensionale Kartierung der Arsenverteilung eines Industriestandortes und, zum Vergleich, rechts dieselbe Arsenverteilung als dreidimensionale, geplotte Graphik dargestellt.

9.6 Luftanalysen

Neben Wasser und Boden gehört die Luft zu den am meisten von Umweltverschmutzung bedrohten Bereichen unserer Erde. Auch auf diesem Gebiet ist das INSTITUT FRESENIUS tätig. Es ist in den meisten Bundesländern als

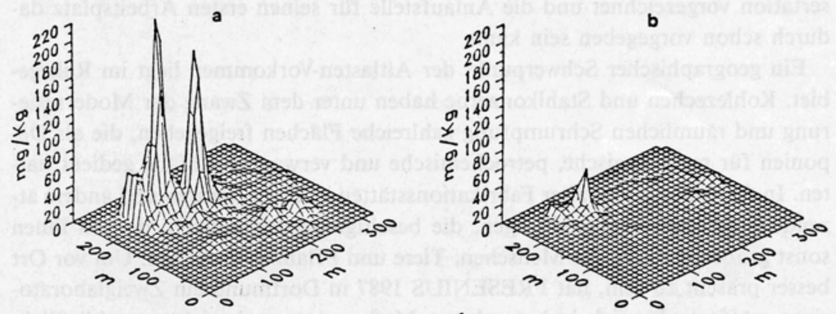


Abb. 24: Dreidimensionale Graphik der Cyanid-Konzentration in der Altlastverfüllung eines Gaswerks (links); in der Deckschicht darüber (rechts).

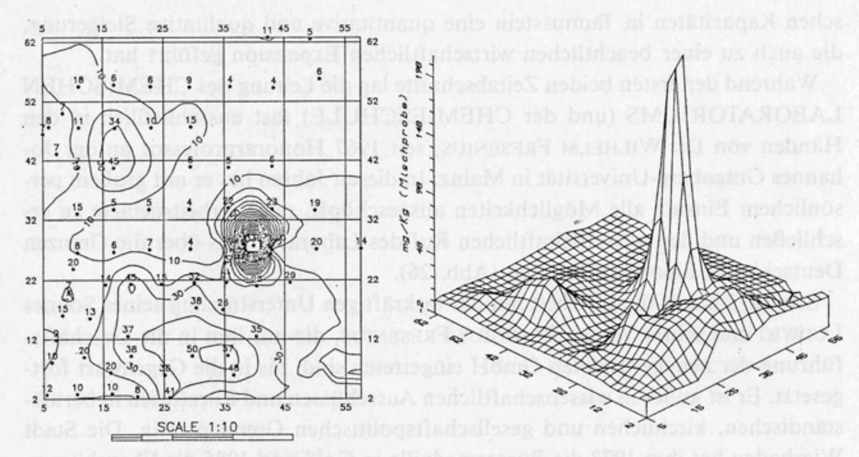


Abb. 25: Arsen-Anreicherung an einem ehemaligen Industrie-Standort in Frankfurt-Heddernheim. Links: zweidimensionale Darstellung der Konzentrationslinien; rechts: dreidimensionale Plotter-Graphik

Meßstelle gemäß BundesImmissionsschutzgesetz zugelassen. Diese Zulassung gilt auch für die Messung hochtoxischer Verbindungen wie Dioxine und Furane.

Für Emissionsmessungen steht ein mobiler Meßcontainer mit Gasanalysengeräten zur Erfassung von Kohlenstoffmonoxid und -dioxid (CO und CO_2), Schwefeldioxid (SO_2) und Stickstoffoxiden (NO_x) zur Verfügung. Ein mobiles Meßfahrzeug für Immissionsmessungen liefert neben diesen chemischen Parametern auch die für die Beurteilung der Immissionen erforderlichen meteorologischen Daten. Sie werden im computergestützten on-line-Betrieb ausgewertet. Die Kontrolle der Luftqualität in Innenräumen und die Messung von Gefahrstoffen am Arbeitsplatz erfolgt mit einem tragbaren Gerät, das in gewerblichen Betrieben, aber auch in Schulen, Kindergärten und anderen öffentlich oder privat genutzten Räumlichkeiten zum Einsatz kommt.

10. Rückschau und Ausblick

Betrachtet man rückschauend die Geschichte des CHEMISCHEN LABORATORIUMS/INSTITUTS FRESENIUS in den vergangenen 43 Jahren seit dem Ende des Zweiten Weltkriegs, lassen sich drei Entwicklungsphasen unterscheiden: 1945 bis etwa 1960: Aufbau und Wiedergewinnung des früheren Leistungsniveaus; 1960 bis 1975: Konsolidierung und Modernisierung, soweit das in der räumlichen Beschränkung des Laboratoriums in der Wiesbadener Kapellenstraße möglich war; 1975 bis 1988: unter Nutzung der räumlichen und techni-

schen Kapazitäten in Taunusstein eine quantitative und qualitative Steigerung, die auch zu einer beachtlichen wirtschaftlichen Expansion geführt hat.

Während der ersten beiden Zeitabschnitte lag die Leitung des CHEMISCHEN LABORATORIUMS (und der CHEMIESCHULE) fast ausschließlich in den Händen von Dr. WILHELM FRESENIUS, seit 1967 Honorarprofessor an der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz. In diesen Jahren hat er mit großem persönlichem Einsatz alle Möglichkeiten ausgeschöpft, neue Arbeitsgebiete zu erschließen und den wissenschaftlichen Ruf des Laboratoriums über die Grenzen Deutschlands hinaus zu festigen (Abb. 26).

Seit 1972 hat er diese Arbeit mit der tatkräftigen Unterstützung seines Sohnes LUDWIG und seines Vetters REMIGIUS FRESENIUS, die mit ihm in die Geschäftsführung der neugegründeten GmbH eingetreten sind, bis in die Gegenwart fortgesetzt. Er ist außer in wissenschaftlichen Ausschüssen und Kuratorien in berufsständischen, kirchlichen und gesellschaftspolitischen Gremien tätig. Die Stadt Wiesbaden hat ihm 1973 die Bürgermedaille in Gold und 1985 die Ehrenbürgerwürde verliehen. Er ist Träger der CARL-DUISBERG-Plakette der GESELLSCHAFT DEUTSCHER CHEMIKER sowie des Kronenkreuzes in Gold des Diakonischen Werkes der Evangelischen Kirche in Hessen und Nassau.

Die Schwerpunkte der wissenschaftlichen Arbeit des Seniors liegen in den Bereichen Wasser-, Mineralwasser- und Heilwasseranalytik, dazu Mikrobiologie, Lebensmittel- und Umweltchemie. Er ist seit vielen Jahren Miglied zahlreicher Ausschüsse, in denen deutsche und europäische Normen und Richtlinien festgelegt werden. Der von ihm herausgegebenen FRESENIUS ZEITSCHRIFT FÜR ANALYTISCHE CHEMIE, die 1987 mit Band 327 ihr 125jähriges Jubiläum feiern konnte, widmet er einen großen Teil seiner täglichen Arbeit. Mit dieser Zeitschrift setzt er in besonderer Weise die Tradition seines Urgroßvaters fort, der sie 1862 gegründet hat. Heute ist die FRESENIUS ZEITSCHRIFT FÜR ANALYTISCHE CHEMIE ein weltweit verbreitetes und anerkanntes Forum für alle Gebiete der Analytischen Chemie.

WILHELM FRESENIUS konnte sein imponierendes Lebenswerk nur deshalb in einem solchen Umfang leisten, weil er stets zur rechten Zeit die richtigen Mitarbeiter hatte, die ihn unterstützt und seine Anregungen realisiert haben. Wenn der Verfasser dieses Berichtes, der den Weg dieses Mannes mehr als 25 Jahre aus nächster Nähe miterlebt hat, ein herausragendes Kennzeichen seiner Persönlichkeit in beruflicher Hinsicht nennen sollte, wäre es die Tatsache, daß er immer ein gutes Auge bei der Wahl seiner Mitarbeiter hatte, denen er, wenn sie sich bewährten, genügend Spielraum zur Entfaltung ihrer eigenen Persönlichkeit gelassen hat.

An dieser Stelle sind einige Worte zu WILHELM SCHNEIDER zu sagen, dem langjährigen Labor- und Abteilungsleiter und 1973–1985 Direktor des INSTITUTES FRESENIUS, auf den gerade diese letzte Charakterisierung in besonderem

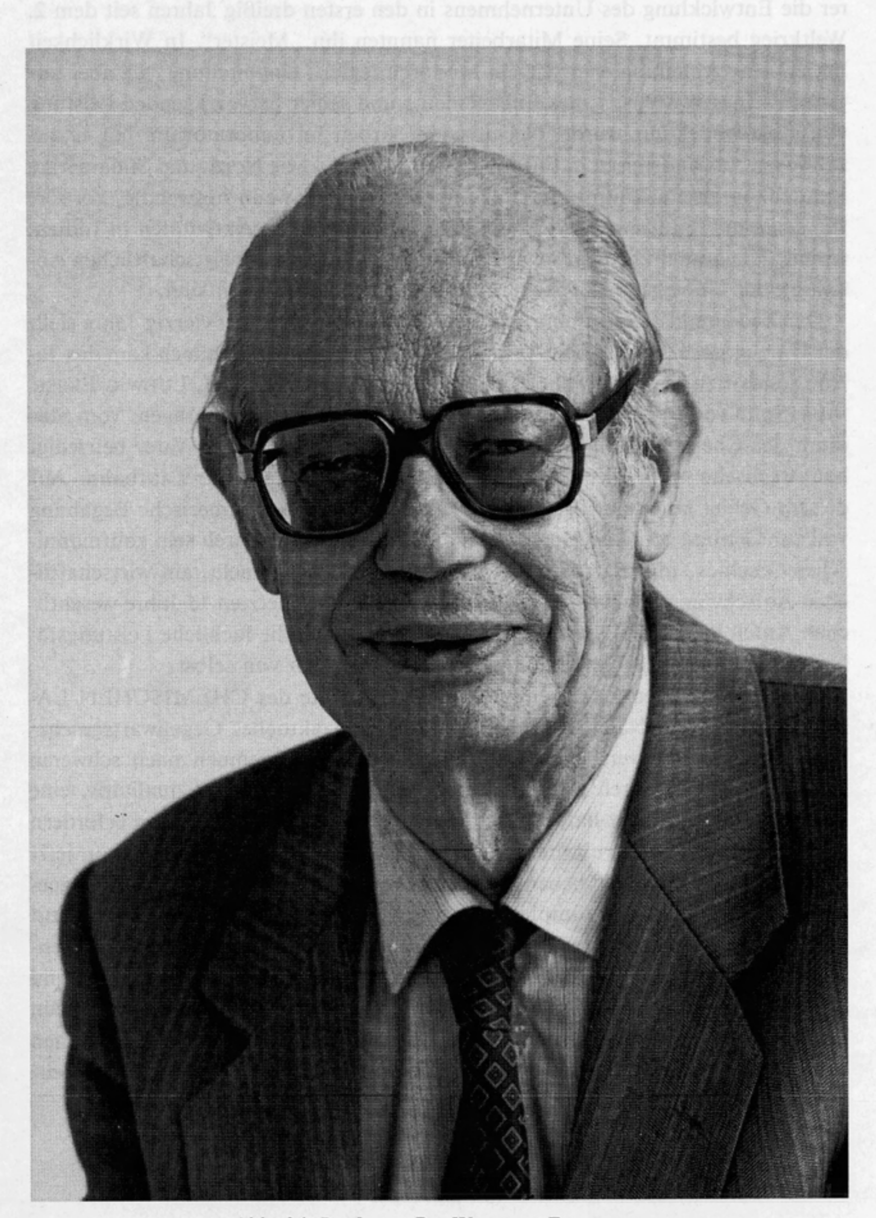


Abb. 26: Professor Dr. WILHELM FRESENIUS

Maße zutrifft. Abgesehen von Prof. WILHELM FRESENIUS hat er wie kein anderer die Entwicklung des Unternehmens in den ersten dreißig Jahren seit dem 2. Weltkrieg bestimmt. Seine Mitarbeiter nannten ihn „Meister". In Wirklichkeit hat er seine Abteilung eher wie ein Monarch regiert, eine Stellung, die aber auf Grund seines Wissens, seines Engagements und seiner hervorragenden Leistung von allen respektiert wurde. Neben seiner Arbeit im Laboratorium hat er auf zahllosen Auslandsreisen in Europa, Asien, Afrika sowie Nord- und Südamerika Kundenkontakte geknüpft, Aufträge akquiriert und, wenn notwendig, vor Ort für deren einwandfreie Abwicklung gesorgt, wobei seine Aktivitäten in Indien, China, Thailand und Nepal sowie beim Aufbau einer wasserwirtschaftlichen Abteilung der Universität der Azoren besonders hervorzuheben sind.

Den bedeutendsten Einschnitt in der Geschichte der letzten vierzig Jahre stellt der Umzug nach Taunusstein Anfang 1975 dar. Hierbei und danach kam das Talent des dritten Geschäftsführers der 1972 gegründeten GmbH, LUDWIG FRESENIUS, Sohn von Professor WILHELM FRESENIUS, erstmals zum Tragen. Vom Studium der Chemie, das ihn nicht im gleichen Maße wie seinen Vater befriedigt hat, wechselte er in die kaufmännisch-betriebswirtschaftliche Laufbahn. Auf diesem Gebiet konnte er als Geschäftsführer seine unternehmerische Begabung voll zur Geltung bringen. Heute kann man sagen, daß er durch sein kaufmännisches Geschick, mit jugendlichem Elan zum Einsatz gebracht, am wirtschaftlichen Aufschwung des INSTITUTES FRESENIUS der letzten 15 Jahre wesentlichen Anteil hat. Daß dieser geschäftliche Erfolg auch die fachliche Leistungsfähigkeit des Laboratoriums beflügelt hat, versteht sich von selbst.

Mit diesem letzten Exkurs mündet die Geschichte des CHEMISCHEN LABORATORIUMS/INSTITUTES FRESENIUS in aktuelles Gegenwartsgeschehen ein. Es wurde versucht zu zeigen, wie das Unternehmen nach schweren Nachkriegsjahren durch maßvolle Expansion, quantitativ und qualitativ, eine Leistungsspitze erreicht hat, die erstaunlich ist. Wachsende Aufgaben erfordern neue Methoden und Strukturen. Dieser Prozeß ist in vollem Gange. Schon jetzt ist deutlich zu sehen, daß neben der reinen Analytik die Beratung der Auftraggeber („Consulting"), die komplette Lösung von Problemen, die an das Institut herangetragen werden, sowie die Durchführung oder Überwachung (wissenschaftliche Betreuung) umfassender Projekte immer stärker in den Vordergrund treten. Auch der geographische Rahmen nimmt innerhalb des größer werdenden Europa völlig neue Dimensionen an. Wie das traditionsreiche Unternehmen diese Aufgaben bewältigt, darüber wird in einigen Jahren, vielleicht zum Zeitpunkt des 150jährigen Jubiläums, zu berichten sein.

Danksagung

Für die Unterstützung meiner Nachforschungen, vor allem über die ersten zehn Nachkriegsjahre, möchte ich Frau EDITH WIENRICH sowie den Herren Dr. OSKAR SAUTER, FRANZ JOSEF BIBO und ALFRED SCHNEIDER herzlich danken; ferner allen Mitarbeitern, die mir Sonderdrucke ihrer Arbeiten zur Verfügung gestellt und diese kritisch mit mir diskutiert haben. Herr Professor Dr. H. DEICHSEL war mir bei der Beschaffung von Bildmaterial behilflich.

11. Schriftenverzeichnis

Abkürzungen

JAHRBUCH: Jahrbücher des Nassauischen Vereins für Naturkunde

ZACh: Fresenius' Zeitschrift für Analytische Chemie

ARTZ, J., W. CZYSZ, R. HECK, W. SCHNEIDER & E. STAUDTE (1979/80): Technologie des Trinkwassers. 400 S. – Eschborn-Taunusstein

ARTZ, J., W. CZYSZ, R. HECK, W. SCHNEIDER & E. STAUDTE (1979/80): Technologie de l'Eau Potable. Pages 380. – Eschborn-Taunusstein

BETZ, V., G. FISCHER, H. GORBAUCH, H. H. RUMP, B. SCHOLZ, W. SCHNEIDER, A. GOLWER, G. MATTHES, A. PEKDEGER, K. HERKŁOTZ & W. PESTEMER (1983): Zum Verhalten von Umweltchemikalien in künstlichen Grundwassergerinnen. – ZACh **315**, 464

BETZ, V., H. H. RUMP & B. SCHOLZ (1988): On-Line Spurenanalytik von Wasser – EDV-Einsatz und System-Integration. – Gewässerschutz-Wasser-Abwasser **101**, 14

BIBO, F. J. (1984): 100 Jahre Bakteriologie im Institut Fresenius. – if-Nachrichten **5**, Nr. 9, S. 3

BIBO, F. J., H. BIRKE, H. BÖHM, W. CZYSZ, H. GORBAUCH, H. J. HOFFMANN, H. H. RUMP & W. SCHNEIDER (1988): Water Analysis – A Practical Guide to Physico-Chemical, Chemical and Microbiological Water Examination and Quality Assurance (W. FRESENIUS, K. E. QUENTIN, W. SCHNEIDER, Edts.). 804 pages. – Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York-Tokyo

BIBO, F. J. & E. WIENRICH (1978): Zur indikativen Bedeutung der Koloniezahl bei 37 Grad Celsius Bebrütungstemperatur. – Erfrischungsgetränk **31**, 276

CZYSZ, W. (1988): 140 Jahre Chemisches Laboratorium Fresenius Wiesbaden. – JAHRBUCH **110**, 35–110

CZYSZ, W., H. DEICHSEL, R. E. FRESENIUS, W. POTH, W. SCHNEIDER & E. WIENRICH (1977): Methodensammlung für Wasseruntersuchungen. 3 Bände (Hrsg.: GTZ/W. FRESENIUS/W. SCHNEIDER). – Eschborn-Taunusstein

CZYSZ, W., H. DEICHSEL, R. E. FRESENIUS, W. POTH, W. SCHNEIDER & E. WIENRICH (1977): Méthodes pour l'Analyse des Eaux. Tome I–III (Ed.: GTZ/W. FRESENIUS/W. SCHNEIDER). – Eschborn-Taunusstein

CZYSZ, W., A. DENNE, H. RUMP, W. SCHNEIDER, E. STAUDTE & W. SUPPERL (1984): Abwässer-Technologie. Entstehung, Ableitung, Behandlung, Analytik der Abwässer. 1134 Seiten. – Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York-Tokyo

CZYSZ, W., A. DENNE, H. RUMP, W. SCHNEIDER, E. STAUDTE & W. SUPPERL 1989): Waste Water Technology. Origin, Collection, Treatment and Analysis of Waste Water. 1178 pages. – Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York-London-Paris-Tokyo

DIEMAIR, W. & W. FRESENIUS (1940): Über den Vitamin-C-Gehalt bestrahlter Milch. – ZACh **120**, 313

FARKASDI, G., A. GOLWER, K.-H. KNOLL, G. MATTHES & W. SCHNEIDER (1969): Mikrobiologische und hygienische Untersuchungen von Grundwasserverunreinigungen im Unterstrom von Abfallplätzen. – Städtehygiene **2**

FISCHER, G. & W. SCHNEIDER (1986): Substitution von Asbest in Filterschichten. – Schriftenreihe „Humanisierung des Arbeitslebens", Band **75**, VDI-Verlag Düsseldorf

FRANK, G. (1890): Zur bakteriologischen Wasseruntersuchung. – 60. Vers. deut. Naturforscher und Aerzte, S. 467

FRANK, G. (1892): Die Resultate der bakteriologischen Untersuchungen des Wiesbadener Quell-Leitungswassers 1886–1891. – JAHRBUCH **45**, 107

FRANK, G. (1893): Bemerkungen zur Frage der Flussverunreinigung. – Hyg. Rundschau **3**, 14

FRANK, G. (1896): Bemerkungen über die Systeme, städtische Abwässer zu klären. – Hyg. Rundschau **6**, 8

FRANK, G. (1896): Über Reinigung städtischer Canalwässer durch Torffiltration. – Gesundheits-Ingenieur, 21/22

FRESENIUS, L. (1913): Die Beeinflussung der biologischen Abwasserreinigung durch Endlaugen aus Chlorkaliumfabriken. – Arb. Kais. Gesundh. Amt **45**, 491

FRESENIUS, L. (1922): Über Schwankungen in der Zusammensetzung von Mineralwässern. – Balneol. Ztg. **33**, 81

FRESENIUS, L. (1927, 1929, 1931, 1935): Untersuchungen über die Konstanz des Kochbrunnens und der Schützenhofquelle zu Wiesbaden. - JAHRBUCH **79**, 31; **80**, 92; **81**, 121; **82**, 26

FRESENIUS, L. (1928): Genauigkeitsgrenzen und Bedeutung der Probenahme in der chemischen Analyse. – Metall u. Erz **25**, 395

FRESENIUS, L. (1929): Über den Zustand der Kohlensäure in Mineralwässern. – Ztschr. wissensch. Bäderkunde **4**, 668

FRESENIUS, L. (1931): Zustand des Eisens in Mineralwässern. – Ztschr. f. Kurortwissenschaften **1**, 58

FRESENIUS, L. (1932): Zur Frage der Kieselsäurebestimmung in Mineralwässern. – Angew. Chem. **45**, 132

FRESENIUS, L. & R. FRESENIUS (1936): Neue Untersuchungen einiger Wiesbadener Quellen. – JAHRBUCH **83**, 26

FRESENIUS, L. & H. LEDERER (1929): Die Stickstoffverbindungen der Wiesbadener Mineralwässer. – JAHRBUCH **80**, 87

FRESENIUS, R. (1864): Die Untersuchung der wichtigsten Mineralquellen des Herzogthums Nassau. IX. Die Mineralquellen zu Fachingen. – Wiesbaden, S. 287–309

FRESENIUS, R. (1886): Neue chemische Untersuchung des Kochbrunnens zu Wiesbaden. – JAHRBUCH **39**, 1

FRESENIUS, R. (1891): Die Thermalquellen Wiesbadens in chemischer Beziehung. – JAHRBUCH **43**, 17

FRESENIUS, R. (1894): Über die Schwankungen der Gehalte an Mineralwasser. – JAHRBUCH **47**, 13

FRESENIUS, R. & E. HINTZ (1887): Chemische Beschaffenheit des Wassers der städtischen Wasserleitung zu Wiesbaden. – 60. Vers. deut. Naturforscher und Aerzte

FRESENIUS, R. (1939): Grundsätzliches zur Mineralwasseranalyse im Rahmen der Erforschung der deutschen Heilquellen. – Vom Wasser **XIII**, 4

FRESENIUS, R. und G. JANDER (1940–48): HANDBUCH DER ANALYTISCHEN CHEMIE – Qualitative Nachweisverfahren, Bände **Ia, III, VI**. – Quantitative Bestimmungs- und Trennungsmethoden, Bände **Ia, IIa, IIb, III**. – Berlin

FRESENIUS, R., W. DICK & W. M. HARTMANN (1941): Charakteristik, Untersuchung und Beurteilung der Mineralwässer. – Handbuch der Lebensmittelchemie, Band **VIII/2**. – Heidelberg

FRESENIUS, R. & A. GEHRING (1949): Einführung in die qualitative chemische Analyse, 4. Auflage. – Braunschweig

FRESENIUS, R. E. (1966): Möglichkeiten und Grenzen des Nachweises schädlicher Substanzen in Wasser, Boden und Lebensmitteln. – Informationsblatt FEG, Nr. 13

FRESENIUS, R. E. (1967): Schnellmethode zur Bestimmung des Eigehaltes in Mayonnaise und Salatmayonnaise. – ZACh, **229**, 353

FRESENIUS, R. E. (1979): Bemerkungen zu vorgeschriebenen und praktisch angewandten mikrobiologischen Untersuchungsverfahren. – Schweiz. Ges. Lebensmittelhyg. (SGLH), Schriftenreihe, Heft 9, 26

FRESENIUS, R. E. (1980): Mycotoxine, insbesondere Aflatoxine. – Analytiker-Taschenbuch (Springer-Verlag) **1**, 339
FRESENIUS, R. E. (1985): Analysis of Tobacco Smoke Condensate. - J. Anal. Appl. Pyriolysis **8**, 561
FRESENIUS, R. E. & E. AUGSTEIN (1983): Zum Stand der Zigarettenrauchanalytik hinsichtlich Kondensat-, Nikotinalkaloid- und Kohlenmonoxidbestimmung. – Lebensmittelchem. Gerichtl. Chem. **37**, 98
FRESENIUS, R. E., E. WIENRICH, F. J. BIBO & A. SCHNEIDER (1976): Entwurf eines Standards zur mikrobiologischen Untersuchung von Fruchtsäften und alkoholfreien Erfrischungsgetränken. – Mineralbrunnen **26**, 311
FRESENIUS, R. E. & K. G. WÖNNE (1974): Bestimmung von Saccharose, Glucose und Fructose mit trägergebundenen Enzymen. – ZACh. **271**, 194
FRESENIUS, R. E. & K. G. WÖNNE (1976): Über die Anwendung der Affinitätschromatographie zu enzymatischen Analysen. – Mitt. Lebensmittelchemie **30**, 67
FRESENIUS, W. (1949): Chemische Untersuchung von Mineralbrunnen. – Mineralwasser-Ztg. **2**, 231
FRESENIUS, W. (1950): Hygienisch-bakteriologisch einwandfreie Erzeugnisse. – Mineralwasser-Ztg. **3**, 146
FRESENIUS, W. (1951a): Beobachtungen über die Qualität der im Handel befindlichen Kohlensäure. – Mineralwasser-Ztg. **4**, 117
FRESENIUS, W. (1951b): Bakteriologisch einwandfreie Erzeugnisse. – Mineralwasser-Ztg. **4**, 100
FRESENIUS, W. (1951c): Qualitätsförderung durch ständige Kontrollen. – Heilbad und Kurort **3**, 1
FRESENIUS, W. (1953a): Die neue Nomenklatur der Heilquellen. – Arch. physik. Ther., 305
FRESENIUS, W. (1953b): Bemerkungen zur Qualitätskontrolle der Naturbrunnen. – Naturbrunnen **3**, 19
FRESENIUS, W. (1953c): Der Weg von der Schürfung bis zur Charakterisierung von Mineralwässern. – Mineralwasser-Ztg. **6**, 138
FRESENIUS, W. (1954): Die Entwicklung des Begriffs Mineralwasser in Deutschland. – Naturbrunnen **4**, 26
FRESENIUS, W. (1957): 50 Jahre Deutsches Bäderbuch. – Heilbad und Kurort **9**, 103
FRESENIUS, W. (1958): Grundbegriffe der Mineralwasserchemie. – Deutscher Bäderkalender. 43–52
FRESENIUS, W. (1959): Notizen von einer balneologischen Studienreise durch Island. – Heilbad und Kurort **11**, 72
FRESENIUS, W. (1960): Nauheimer Beschlüsse – Ihre Entstehung und Fortentwicklung. – Naturbrunnen **10**, 193
FRESENIUS, W. (1961): Die Wiesbadener Heilquellen. – Gas- u. Wasserfach – Wasser-Abwasser **102**, 133
FRESENIUS, W. (1963): Bemerkungen zur Untersuchung und Beurteilung von Mineralwässern und Limonaden. – Naturbrunnen **13**, 153
FRESENIUS, W. (1965): Natürliche Mineralwässer in Deutschland. – Mineralbrunnen **15**, 224
FRESENIUS, W. (1976): Was bringt die neue Trinkwasserverordnung? – Mineralbrunnen **26**, 50
FRESENIUS, W. (1978): Mikrobiologie in der Lebensmittelindustrie. – Z. Lebensm.-Technol. u. Verfahrenstechnik **29**, 177
FRESENIUS, W. (1979): Anforderungen des Arzneimittelgesetzes an die physikalische, chemische und mikrobiologische Untersuchung von Heilwasser. – Heilbad und Kurort **31**, 47

FRESENIUS, W. (1980): Entwicklung der Heilwasseranalytik und die neuen Analysenrichtlinien in den Begriffsbestimmungen. – Heilbad und Kurort **32**, 258
FRESENIUS, W. (1989): Chemie der Heilquellen (in „Kompendium der Balneologie und Kurortmedizin", Hrsg.: K. L. SCHMIDT; Darmstadt)
FRESENIUS, W., R. E. FRESENIUS & W. SCHNEIDER (1977): Erste Ergebnisse der Trinkwasserüberwachung. – wlb – Wasser, Luft und Betrieb **21**, 594
FRESENIUS, W. & A. GEHRING (1952): Über die Haltbarkeit der Limonaden und Tafelwässer unter besonderer Berücksichtigung der Silberung. – Mineralwasser-Ztg. **5**, 139
FRESENIUS, W. & G. JANDER (1950 ff.): HANDBUCH DER ANALYTISCHEN CHEMIE – Qualitative Nachweisverfahren. – Quantitative Bestimmungs- und Trennungsmethoden. – Berlin-Göttingen-Heidelberg
FRESENIUS, W., G. KLEINSCHMIDT & W. SCHNEIDER (1978): Sanierung der Wiesbadener Thermen unter Berücksichtigung des Schutzes der Quellen, der Unterbindung von Verockerungen und der Verhinderung der Bildung von Oxidationsprodukten aus den primär vorhandenen Ammonium-Ionen. – Heilbad und Kurort **30**, 207
FRESENIUS, W., K.-H. KNOLL, H.-W. LEONHARDT, G. MATTHESS, H. TANGERMANN & W. SCHNEIDER (1977): Qualitative und quantitative Untersuchung einer Hausmülldeponie mit Basisabdichtung. – Müll und Abfall **9**, 190
FRESENIUS, W. & A. KURTENACKER (1949): Nachruf für Professor Dr. Remigius Fresenius. – ZACh **129**, 15
FRESENIUS, W. & H. KUSSMAUL (1985): Thermal- und Mineralwässer der Eifel. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F. **67**, 301
FRESENIUS, W. & K. E. QUENTIN (1959): Veränderungen in den neuen Begriffsbestimmungen. – Heilbad und Kurort **11**, 101
FRESENIUS, W., K. E. QUENTIN, W. SCHNEIDER, R. E. FRESENIUS & G. -SCHRETZENMAYR (1969): Untersuchung der Mineral- und Heilquellen (Handbuch der Lebensmittelchemie, Band **8/2**, Berlin)
FRESENIUS, W. & W. SCHNEIDER (1959a): Untersuchungen zur Feststellung des Einflusses der Enteisenung auf den Mineralgehalt von Mineralwässern. – Naturbrunnen **9**, 175
FRESENIUS, W. & W. SCHNEIDER (1959b): Vergleichende Untersuchungen von zehn Mineralbrunnen-Fruchtsaftgetränken verschiedener Herkunft. – Naturbrunnen **9**, 186
FRESENIUS, W. & W. SCHNEIDER (1960): Beobachtungen über die Qualität der im Handel befindlichen Kohlensäure. – Mineralwasser-Ztg. **13**, 761
FRESENIUS, W. & W. SCHNEIDER 1962): Die Saalfelder Heilquelle – ein Mineralwasser besonderer Zusammensetzung. – Heilbad und Kurort **14**, 5
FRESENIUS, W. & W. SCHNEIDER (1963): Über die Zusammensetzung des Sinters des Kochbrunnens in Wiesbaden. – Heilbad und Kurort **15**, 166
FRESENIUS, W. & W. SCHNEIDER (1964): Bestimmung von geringen Mengen Arsen mit Silberdiäthyldithiocarbamat in der Mineralwasseranalyse. – ZACh **203**, 417
FRESENIUS, W. & W. SCHNEIDER (1965a): Zur Bestimmung von Eisen(II) und Gesamteisen mit 2,2'-Dipyridyl in Mineralwässern. – ZACh **209**, 340
FRESENIUS, W. & W. SCHNEIDER (1965b): Bestimmung von Kieselsäure in Mineralwässern. – ZACh **207**, 16
FRESENIUS, W. & W. SCHNEIDER (1965c): Photometrische Bestimmung von Kieselsäure nach Aufschluß mit Flußsäure-Perchlorsäure. – ZACh **214**, 341
FRESENIUS, W. & W. SCHNEIDER (1966): Über den Einfluß von Phosphat, Sulfat und Nitrat auf die Magnesiumbestimmung in Mineralwässern nach dem Atomabsorptionsverfahren. – ZACh **223**, 181
FRESENIUS, W. & W. SCHNEIDER (1967a): Vergleich des manometrischen Verfahrens zur Kohlensäure-Bestimmung in Mineralwasserabfüllungen. – Mineralwasser-Ztg. **20**, 909

FRESENIUS, W. & W. SCHNEIDER (1967b): Reinheitsanforderungen an Kohlensäure. – Mineralwasser-Ztg. **20**, 815
FRESENIUS, W. & W. SCHNEIDER (1967c): Über Schwankungen in der Zusammensetzung natürlicher Mineralwässer. – Naturbrunnen **17**, 356,
in Mineralwasserabfüllungen. – Mineralwasser-Ztg. **20**, 909
FRESENIUS, W. & W. SCHNEIDER (1968): Analytische Probleme im Zusammenhang mit freien und gelösten Gasen in Wasserproben. – Vom Wasser **XXXVIII**, 9
FRESENIUS, W. & W. SCHNEIDER (1974a): Auszug aus einem Versuchsbericht des Institutes Fresenius über die Stabilität von gelöstem zweiwertigem Eisen in Heilwasserfüllungen. – Heilbad und Kurort **23**, 233
FRESENIUS, W. & W. SCHNEIDER (1974b): Über den Nachweis und die quantitative Bestimmung von Barium und Thallium in Heilwässern. – Heilbad und Kurort **23**, 383
FRESENIUS, W. & W. SCHNEIDER (1976): Bemerkungen zur keimfreien Abfüllung von Wasser. – Erfrischungsgetränk **29**, 303
FRESENIUS, W. & W. SCHNEIDER (1980): Festschrift „75 Jahre Staatl. Mineralbrunnen Fachingen“, S. 28–29
FRESENIUS, W. & W. SCHNEIDER (1981a): Organische Spurenstoffe in Heil- und Mineralwässern. – Heilbad und Kurort **33**, 2
FRESENIUS, W. & W. SCHNEIDER (1981b): Selektive Entfernung von Fluorid-, Arsenat- und Phosphat-Ionen aus Wasser. – WLB – Wasser, Luft und Betrieb 14–15
FRESENIUS, W., W. SCHNEIDER, H. GORBAUCH & H. HÄDRICH (1965): Fällungsbedingungen von Zink als Zinkquecksilberthiocyanat. – ZACh **211**, 429
FRESENIUS, W., W. SCHNEIDER, H. GORBAUCH & H. KRETZ (1965): Prüfung der Löslichkeit von Bleisulfat unter Verwendung von Pb-212. – ZACh **212**, 320
FRESENIUS, W., W. SCHNEIDER, H. GORBAUCH & H. H. RUMP (1982): Analyse von Müll, Klärschlamm, Sickerwasser und Gas von Abfalldeponien. – DFG-Forschungsprogramm
FRESENIUS, W., W. SCHNEIDER, H. GORBAUCH & B. SCHOLZ (1982): Erfahrungen mit der Trinkwasserverordnung in der Bundesrepublik. – Forum Städte-Hygiene **33**, 62
FRESENIUS, W., W. SCHNEIDER & K. MACHNER (1966): Versuche zur Magnesiumbestimmung in Mineralwässern mit der Methode der Atomabsorption. – Naturbrunnen **16**, 410
FRESENIUS, W., W. SCHNEIDER & G. THIELICKE (1974): Über die komplexometrische (chelatometrische) Bestimmung von Calcium und Magnesium mit elektrometrischer Indikation von Wässern, insbesondere in Heil- und Mineralwässern. – Heilbad und Kurort **26**, 378
FRESENIUS, W., E. WIENRICH & F. J. BIBO (1967): Untersuchungen über das Vorkommen von Mikroben in der Luft unter besonderer Berücksichtigung ihrer Bedeutung in der alkoholfreien Getränkeindustrie. – Naturbrunnen **17**, 1
GEHRING, A. (1955a): Beobachtungen bei der Enteisenung von Mineralwässern. – Naturbrunnen **5**, 204
GEHRING, A. (1955b): Reinigung von Flaschenverschlüssen. – Naturbrunnen **5**, 72
GEHRING, A. (1955c): Über die Überwachung des eigenen Brunnens. – Mineralwasser-Ztg. **8**, 152
GEHRING, A. (1956a): Zur Reinigung der Filter in Mineralwasser-Betrieben. – Naturbrunnen **6**, 244
GEHRING, A. (1956b): Über Verschlechterung des Wassers in den Leitungsrohren der Betriebe. – Mineralwasser-Ztg. **9**, 118
GEHRING, A. (1956c): Die Herstellung von Zucker-Sirup. – Naturbrunnen **6**, 37, 188
GEHRING, A. (1957a): Erfahrungen an neuen Enteisenungs-Anlagen. – Naturbrunnen **7**, 191
GEHRING, A. (1957b): Über die hygienische Beschaffenheit von Kronenkork- und Hebelverschlüssen. – Naturbrunnen **7**, 69

GEHRING, A. (1957c): Zur chemischen Kontrolle des Wassers betriebseigener Brunnen. – Naturbrunnen **7**, 313
GEHRING, A. (1958a): Über die Geschmacksveränderungen von Mineralwässern. – Naturbrunnen **8**, 78
GEHRING, A. (1958b): Über die Reinigung der Abwässer von Mineralbrunnen-Betrieben. – Naturbrunnen **8**, 182
GEHRING, A. (1958c): Beobachtungen bei der bakteriologischen und mikroskopischen Untersuchung von Mineralwässern. – Mineralwasser-Ztg. **11**, 161
GEHRING, A. (1958d): Über die Bedeutung der biologischen Wasseranalyse für Brunnen-Betriebe **11**, 756
GEHRING, A. (1958e): Über das Auftreten von Schwefelwasserstoff in einem abgefüllten Heilwasser. – Ztschr. angew. Bäder- u. Klimaheilkunde **5**, 568
GEHRING, A. (1959a): Über die Enteisenung von natürlichen Mineralwässern. – Naturbrunnen **9**, 180
GEHRING, A. (1959b): Über die Veränderung von Mineralwässern bei der Herstellung von Mineralbrunnen-Fruchtsaftgetränken und -Limonaden. – Naturbrunnen **9**, 196
GEHRING, A. (1959c): Über fünfjährige Betriebskontrollen in Brunnenbetrieben. – Naturbrunnen **9**, 204
GEHRING, A. (1959d): Über die physiologische Bedeutung der Citronensäure. – Naturbrunnen **9**, 209
GEHRING, A. (1959e): Zur Haltbarkeit der Fruchtsaftgetränke. – Naturbrunnen **9**, 268
GEHRING, A. (1959f): Über den Nitratgehalt des Wassers. – Mineralwasser-Ztg. **12**, 166
GEHRING, A. (1960): Über Wasserfragen nach der Trockenheit 1959. – Mineralwasser-Ztg. **12**, 154
GEHRING, A. (1961a): Ursachen des Verderbs von alkoholfreien Süßgetränken. – Mineralwasser-Ztg. **13**, 238
GEHRING, A. (1961b): Weitere Untersuchungen über die Haltbarkeit von Fruchtsaftgetränken. – Naturbrunnen **11**, 146
GEHRING, A. (1962): Über die Herstellung hygienisch einwandfreier und haltbarer Tafelwässer, Fruchtsaftgetränke und Limonaden. – 1., 2., 3. Teil. – Naturbrunnen **12**, 48, 110, 128
GEHRING, A. & R. FRESENIUS (1949): Einführung in die quantitative chemische Analyse, Band **I**: Gewichtsanalyse einschließlich Elektroanalyse, Braunschweig
GOLWER, A. (1973): Beeinflussung des Grundwassers durch Straßen. – Z. deut. geol. Ges. **124**, 435
GOLWER, A., G. FISCHER, H. GORBAUCH & W. SCHNEIDER (1989): Belastung von Böden und Grundwasser an Start- und Landebahnen des Flughafens Frankfurt Main. – Forum Städte-Hygiene **40**, 15
GOLWER, A., K.-H. KNOLL, G. MATTHES, W. SCHNEIDER & K. H. WALLHÄUSSER (1972): Mikroorganismen im Unterstrom eines Abfallplatzes. – Gesundheits-Ingenieur **93**, 142
GOLWER, A., K.-H. KNOLL, G. MATTHES, W. SCHNEIDER & K. H. WALLHÄUSSER (1976): Belastung und Verunreinigung des Grundwassers durch feste Abfallstoffe. – Abhandl. Hess. Landesamt Bodenforsch.
GOLWER, A., G. MATTHES & W. SCHNEIDER (1969): Selbstreinigungsvorgänge im aeroben und anaeroben Grundwasserbereich. – Vom Wasser **XXXVI**, 64
GOLWER, A., G. MATTHES & W. SCHNEIDER (1971): Einflüsse von Abfalldeponien auf das Grundwasser. – Der Städtetag, Heft 2, 1
GOLWER, A. & W. SCHNEIDER (1973): Belastung des Bodens und des unterirdischen Wassers durch Straßenverkehr. – Gas- u. Wasserfach-Wasser/Abwasser **114**, 154
GOLWER, A. & W. SCHNEIDER (1979): Belastung des unterirdischen Wassers mit anorgani-

schen Spurenstoffen im Gebiet von Straßen. – Gas- u. Wasserfach-Wasser/Abwasser **129**, 461

GOLWER, A. & SCHNEIDER, W. (1982): Belastung des Grundwassers mit organischen Stoffen im Gebiet von Straßen. – Gas- u. Wasserfach-Wasser/Abwasser **123**, 122

GORBAUCH, H., H. H. RUMP & W. SCHNEIDER (1980): Untersuchungen zur Auswirkung von Sole-Abwässern auf Organismen von Kläranlagen und Vorflutern. – Heilbad und Kurort **32**, 178

GRÜNHUT, L. (1901): Über das Klima von Wiesbaden. – JAHRBUCH **54**, 53

GRÜNHUT, L. (1911): Was ist ein Mineralwasser? – Zeitschr. Balneol. **4**, 433 u. 470

GRÜNHUT, L. (1913): Fehlerquelle bei der Bestimmung des Permanganatverbrauches von Trinkwasser nach Schulz. – ZACh **52**, 36

GRÜNHUT, L. (1914): Untersuchung und Begutachtung von Wasser und Abwasser. – Leipzig (Hrsg. W. Kerp)

GRÜNHUT, L. (1918): Trink- und Tafelwasser (in „Das Lebensmittelgewerbe", K. v. Buchta). – Leipzig

HEMPFLING, R. & H.-R. SCHULTEN (1988): Characterization and dynamics of organic compounds in forst humus studied by pyrolysis-GC/EI-MS and -(HR)FI-MS. – J. Anal. Appl. Pyrolysis **13**, 319

HEMPFLING, R., W. ZECH & H.-R. SCHULTEN (1988): Chemical composition of the organic matter in forest soils: 2. Moder profile. – Soil Science **146**, 262

HEMPFLING, R., F. ZIEGLER, W. ZECH & H.-R. SCHULTEN (1987): Litter decomposition and humification in acidic forest soils studied by chemical degradation, IR and NMR spectroscopy and pyrolysis field ionization MS. – Z. Pflanzenernähr. Bodenk. **150**, 179

HERKLOTZ, K., T. CORDT & H. H. RUMP (1987): Erkennen und Bewerten von Altlasten im Hinblick auf die Sanierung. – Gewässerschutz-Wasser-Abwasser **99**, 15

HERSCHE, W. (1976): Der Einsatz von Wärmepumpen in Thermalbädern im Hinblick auf die Energiewirtschaft. – Heilbad und Kurort **28**, 109

HINTZ, E. (1897): Über den augenblicklichen Stand der Beurteilung des Trink- und Nutzwassers. – Ztschr. f. öffentl. Chemie **1898**, 112

HINTZ, E. (1903): Über Probeziehungen. – Zeitschr. f. Öffentl. Chem. **9**, 397

HINTZ, E. & L. GRÜNHUT (1910): Über ein verbessertes Verfahren zur Analyse von Mineralquellengasen. – ZACh **49**, 25

HUEPPE, F. (1885): Die Methoden der Bakterienforschung, 1. Aufl. – Wiesbaden (1889: 4. Aufl.)

HUEPPE, F. (1886):Die Choleraerkrankungen in Finthen und Gonsenheim. – Berliner klin. Wochenschr. No. 9–12

HUEPPE, F. (1887): Die Beurtheilung des Trinkwassers vom hygienischen Standpunkte. – J. Gasbeleuchtung u. Wasserversorgung, 11

HUEPPE, F. (1889): Über die Wasserversorgung durch Brunnen und ihre hygienische Beurtheilung. – J. Gasbeleuchtung u. Wasserversorgung (14. Juni 1888)

KLOTZ, E. (1959): Wiesbadener Thermalquellen. – Naturbrunnen **11**, 178

KOPP, K. (1986): Wasser von Taunus und Ried. Aus zwei Jahrtausenden Wiesbadener Wasserversorgung. – Stadtwerke Wiesbaden

KRUTZ, H. & H. H. RUMP (1984): Weitergehende statistische Behandlung von Meßwerten bei der Wasser- und Abwasseruntersuchung. Gewässerschutz-Wasser-Abwasser **68**, 59

KURTENACKER, A. (1912): Beiträge zur Elementaranalyse. – ZACh **50**, 548–565

KUSSMAUL, H. (1987): Probleme der repräsentativen Entnahme von Wasserproben aus Tiefbohrungen. – Vom Wasser **68**, 125

KUSSMAUL, H. (1989): Die Mineral- und Tafelwasserverordnung von 1984 und ihre Konse-

quenzen (in „Kompendium der Balneologie und Kurortmedizin", Hrsg.: K. L. SCHMIDT; Darmstadt)
KUSSMAUL, H. (1989): Isotopenuntersuchungen von Mineralquellen im Bereich der Taunusrandverwerfung (persönliche Mitteilung)
KUSSMAUL, H., A. AL-AZAWI & T. CORDT (1987): Auswertung langjähriger Wasseruntersuchungen im Hinblick auf die Grundwasserversauerung. – Umweltbundesamt: Forschungsbericht 10202606; (1988): Vom Wasser **71**, 85
KUSSMAUL, H. & O. ANTONSEN (1985): Hydrochemische Labormethoden für das Nagra-Untersuchungsprogramm. – Nagra: Technischer Bericht 85-04
KUSSMAUL, H. & M. HEGAZI (1977): Die Bestimmung von Organofluorverbindungen im Wasser. – Vom Wasser **48**, 143
KUSSMAUL, H., B. SCHOLZ & W. FRESENIUS (1988): Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel im Wasser – ein Problem für Heilwässer. – Heilbad und Kurort **40**, 279
KUSSMAUL, H., H. SIMON, H. MOSER, W. STICHLER, H. ZENZ, K. ZIPFEL & G. BATTERMANN (1988): Trinkwassergefährdung durch eine Grundwasserkontamination mit leichtflüchtigen Chlorkohlenwasserstoffen – Erkennung und Sanierung. – Vom Wasser **70**, 141
LANG, R. & K. KURTENACKER (1942): Ein neues Verfahren zur oxydimetrischen Bestimmung von Dithionat. – ZACh **123**, 81
LANG, R. & K. KURTENACKER (1942): Oxydimetrische Methoden zur Bestimmung von Thiosulfat, Sulfit und Polythionat. – ZACh **123**, 169
MALAPERT-NEUFVILLE, R. v. (1886): Bakteriologische Untersuchung der wichtigsten Quellen der städtischen Wasserleitung zu Wiesbaden. – ZACh **25**, 39
MICHELS, F. (1951): Geologische Voraussetzungen für die Bildung von Mineralquellen. – Heilbad und Kurort **3**, 114
MICHELS, F. (1954): Zur Geologie der Wiesbadener Mineralquellen. – Zeitschr. deut. geol. Ges. **106**, 113
MICHELS, F. (1958): Zur Geologie westdeutscher Heilquellen. – Deutscher Bäderkalender, 40–42
MICHELS, F. (1961): Zur Geologie des Wiesbadener Raumes und seiner Heilquellen. – Ärztl. Mitteilungen **46**, 1214
MICHELS, F. (1964): Von der Wiesbadener Thermalquellenspalte. – JAHRBUCH **97**, 37
MICHELS, F. (1965): Die Herkunft der Mineralwasservorkommen am Rande des Taunus und in der Wetterau. – Naturbrunnen **17**, 112
MICHELS, F. (1966): Die Wiesbadener Mineralquellen (Neue Beiträge ihrer geologischen Position). – JAHRBUCH **98**, 17
MICHELS, F. (1971): Die Thermalwasserbohrung Schützenhofquelle in Wiesbaden. – JAHRBUCH **101**, 75
MICHELS, F. & W. FRESENIUS (1958): Lage, Geologie und Chemie der Wiesbadener Heilquellen. – Rund um den Kochbrunnen, S. 1–22
MICHELS, F. & J. D. THEWS (1971): Die Thermalwasserbohrung Schützenhofquelle in Wiesbaden. – JAHRBUCH **101**, 75
NÖRING, F., G. FARKASDI, A. GOLWER, K.-H. KNOLL, G. MATTHESS & W. SCHNEIDER (1968): Über Abbauvorgänge von Grundwasserverunreinigungen im Unterstrom von Abfalldeponien. – Gas- u. Wasserfach **109**, 137
PALAUSCHEK, N., H. H. RUMP & B. SCHOLZ (1987): Reaktionsverhalten polychlorierter Dibenzo-p-dioxine und polychlorierter Didenzofurane bei der Ozonung von Wässern. – Z. Wasser-Abwasser-Forsch. **20**, 41
POST, B., R. HEMPFLING, H. KLAMBERG & H.-R. SCHULTEN (1988): Zur Charakterisierung von Boden-Huminstoffen. – ZACh **331**, 273
RAHLSON, H. (1908): Die öffentliche Gesundheitspflege Wiesbadens. – Wiesbaden

RICHTER, M. (1986): Die Wiesbadener Trinkwasserstollen. – Mitt. Nass. Ver. Naturkunde **17**, 4
RICHTER, M. (1986): Die Wiesbadener Thermalquellen. – Mitt. Nass. Ver. Naturkunde **18**, 2
RIEDLE, K. (1983): Wiesbaden und seine Thermalwasser. Die Wiesbadener Quellen und ihre Geschichte. – Baukultur 2/1983
RUMP, H. H. (1981): Zum Verhalten von Schadstoffen in kommunalen Kläranlagen. – Forum Städte-Hygiene **32**, 77
RUMP, H. H. (1988a): Aspects of waste analysis and evaluation. – ZACh **332**, 769
RUMP, H. H. (1988b): Kontamination der Deckschichten durch Altlasten und Deponien. – DVWG-Schriftenreihe Wasser Nr. 58
RUMP, H. H. (1988c): Schrittfolgen der Analytik zur Ermittlung unbekannter Belastungen. – Berichtsband Techn. Akad. Esslingen
RUMP, H. H., G. FISCHER & T. GILLES (1985): Anwendungsmöglichkeiten der rechnerunterstützten Fourier-Transformations-Spektrometrie. – Gewässerschutz-Wasser-Abwasser **79**, 338
RUMP, H. H., J. M. HALKET & H. KRUTZ (1984): Anwendungsmöglichkeiten statistischer Auswertungsverfahren. – Vom Wasser **63**, 109
RUMP, H. H., K. HERKLOTZ & T. CORDT (1989): Untersuchungen von Boden und Grundwasser an Standorten ehemaliger Gaswerke (in Vorbereitung)
RUMP, H. H. & H. KRIST (1987): Laborhandbuch für die Untersuchung von Wasser, Abwasser und Boden. – Weinheim, 203 S.
RUMP, H. H., H. KRUTZ & H.-R. SCHULTEN (1987): Application of Pattern Recognition Methods. – Water Pollut. Res. Rep. 1 CEC/UBA
RUMP, H. H. & W. SCHNEIDER (1983): Zur Auswirkung von Kupfer aus Klärschlämmen auf Böden, Pflanzen und höhere Lebewesen. – Forum Städte-Hygiene **34**, 137
RUMP, H. H. & H.-R. SCHULTEN (1984): Einfluß von Ozon auf höhermolekulare Bestandteile von Fichtennadeln. – Ozone & Biol., Rennes
SCHNEIDER, A. (1984): 30 Jahre Betreuung der Mineralbrunnen-Industrie. – if-Nachrichten **5**, Nr. 9, S. 4
SCHNEIDER, W., H. GORBAUCH & H. H. RUMP (1981): Untersuchungen zum Verhalten von Schadstoffen in Müll-Lysimetern. – Forum Städte-Hygiene **32**, 200
SCHNEIDER, W., H. KRIST & G. JUST (1977): Nährstoffbilanz des Sees von Tunis. – GTZ Eschborn
SCHNEIDER, W. & H. H. RUMP (1983): Ozone: Sci. & Engineering **5**, 95
SCHOLZ, B. (1986): Bestimmung von Pestiziden und polychlorierten Bi- und Terphenylen in Wasserproben mittels Gaschromatographie. – Gewässerschutz-Wasser-Abwasser **88**, 228
SCHOLZ, B. & K. BALLSCHMITER (1980): Gaschromatographische Bestimmung von Wasser mit dem Elektronen-Einfang-Detektor im Nanogramm-Bereich, ZACh **302**, 264
SCHOLZ, B., V. BETZ & H. H. RUMP (1984): Bestimmung der leichtflüchtigen Halogenkohlenwasserstoffe in Wasserproben mit Kapillar-Gaschromatographie. – Gewässerschutz-Wasser-Abwasser **72**, 287
SCHOLZ, B., V. BETZ, P. LAUBEREAU, D. BAUMGARTEN & H. HAGENUTH (1985): Chromatographische Analyse – Aspekte der qualitativen Absicherung von Meßergebnissen und Diskussion verschiedener Eichverfahren. – Vom Wasser **64**, 199
SCHOLZ, B. & N. PALAUSCHEK (1988): Determination of substituted aromatic amines in water and sediment samples. – ZACh **331**, 282
SCHULTEN, H.-R., U. BAHR & P. B. MONKHOUSE (1983): Biochemical application of field desorption mass spectrometry. – J. Biochem. Biophys. Methods **8**, 239–269

SCHULTEN, H.-R., R. HEMPFLING & W. ZECH (1988): Discrimination horizons in a moder profile by field ionization mass spectrometry and pattern recognition. – Geoderma **41**, 211

SCHULTEN, H.-R., K. E. MURRAY & N. SIMMLEIT (1987): Natural waxes investigated by soft ionization mass spectrometry. – Z. Naturforsch. **42**c, 178

SCHULTEN, H.-R. & N. SIMMLEIT (1987): Rapid fingerprinting of damaged and undamaged conifer needles by soft ionization mass spectrometry and pattern recognition. – CEC Int. Symp. Grenoble

SCHULTEN, H.-R., N. SIMMLEIT & A. MARZEC (1988): Liquefaction behaviour of coals: a study by field ionization mass spectrometry and pattern recognition. – FUEL **671**, 619

SCHULTEN, H.-R., N. SIMMLEIT & R. MÜLLER (1986): Distinction of coals and their extracts by field ionization mass spectrometry and pattern recognition. – ZACh **323**, 450

SCHULTEN, H.-R., N. SIMMLEIT & R. MÜLLER (1989): Characterization of plant materials by pyrolysis-field ionization mass spectrometry of spruce needles. – Anal. Chem. **61**, 221

SCHULTEN, H.-R., N. SIMMLEIT & H. H. RUMP (1986): Soft ionization mass spectrometry of epiticular waxes isolated from coniferous needles. – Chemistry and Physics of Lipids **41**, 209

SIMMLEIT, N., H. H. RUMP & H.-R. SCHULTEN (1986): Nichtabwaschbare Aerosolteilchen auf den Oberflächen von Koniferennadeln. – Staub – Reinhaltung der Luft **46**, 256

SIMMLEIT, N. & H.-R. SCHULTEN (1989): Analytical Pyrolysis and environmental research. – J. Anal. Appl. Pyrolysis **15**,

STENGEL-RUTKOWSKI, W. (1983): Geologie und Wasserversorgung im Gebiet des früheren Herzogtums Nassau. – JAHRBUCH **106**, 14

STURM, G. & F. J. BIBO (1965): Nitratgehalte des Trinkwassers, unter besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse im Rheingaukreis. – Gas- u. Wasserfach **106**, 332

STURM, G. & E. WIENRICH (1962): Über die Bedeutung mikrobiologischer Befunde bei Limonaden und Fruchtsaftgetränken. – Naturbrunnen **12**, 242

VERHOEVEN, W. & H. H. RUMP (1989): Eintrag, Transport und Abbauverhalten von Fluorkohlenwasserstoffen in Boden und Grundwasser (Fresenius Consult GmbH: Literaturstudie)

WANG, XIANGMING, A. MARZEC & H.-R. SCHULTEN (1989): Coal characterization by online pyrolysis field ionization mass spectrometry. – ZACh **333**, 793

WIENRICH, E. (1975a): Vorkommen von Bakterien in Trink-, Brauchwasser sowie Mineral- und Heilwasser. – Mineralbrunnen **25**, 286

WIENRICH, E. (1975b): Verminderung bzw. Ausschaltung des Kontaminationsrisikos bei der Herstellung von Fruchtsaftgetränken und Limonaden. – Erfrischungsgetränk **28**, 882

WIENRICH, E. (1976): Beitrag zur hygienischen und technologischen Bedeutung von Pseudomonas aeruginosa. – Mineralbrunen **26**, 52

WINTER, E. (1880): Die Thermalquellen Wiesbadens in technischer Beziehung. – München

Anschrift des Verfassers: WALTER CZYSZ, Danziger Straße 83, 6200 Wiesbaden-Sonnenberg (Institut Fresenius, 6204 Taunusstein-Neuhof)

Manuskript eingegangen am 21. 8. 1989